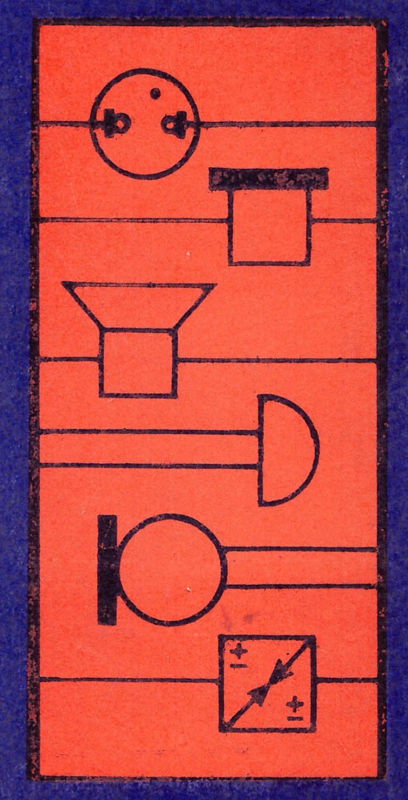


А. В. ПОТАПОВ
В. Т. РОМАНОВ
Ф. М. ХАЛИН



СЛУЖЕБНАЯ СВЯЗЬ И СИГНАЛИЗАЦИЯ

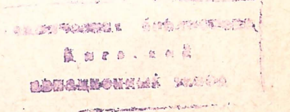
СЛУЖЕБНАЯ СВЯЗЬ И СИГНАЛИЗАЦИЯ



А. В. ПОТАПОВ, В. Т. РОМАНОВ, Ф. М. ХАЛИН

СЛУЖЕБНАЯ СВЯЗЬ И СИГНАЛИЗАЦИЯ

Ордена Трудового Красного Знамени
ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СССР
МОСКВА—1976



6Ф1
П64
УДК 621.398

П $\frac{30402\text{-}158}{068(02)\text{-}76}$ 101-76

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время существуют разнообразные комплексы технических и других средств, решающие задачи самого различного характера: предприятия технического обслуживания, службы такси, скорой помощи и т. д. Вопросы управления указанными комплексами находят все большее развитие. Это обусловлено тем, что качество функционирования сложных комплексов в значительной степени зависит от решения вопросов управления ими.

Управление комплексом технических средств включает ряд мероприятий, связанных с руководством по обеспечению решения задач, выполняемых этим комплексом, а также по его обслуживанию.

Для обеспечения централизованного управления техническими комплексами, как правило, создается диспетчерский пункт и оборудуются в нем рабочие места для соответствующих ответственных лиц и их дежурных помощников.

Техническая база управления наряду с электронно-вычислительной и периферийной техникой включает в себя два типа совершенно самостоятельных, но функционально взаимодополняющих средств:

а) телемеханические средства;

б) средства служебно-диспетчерской связи (СДС).

Совместное рассмотрение телемеханических средств и средств СДС в одной книге является, по мнению авторов, целесообразным, так как это создает у читателя цельное представление о функционировании этих средств управления. Ввиду ограниченного объема книги в ней рассматриваются главным образом только основные узлы и блоки средств служебно-диспетчерской связи и телеконтроля.

В настоящее время имеется ряд статей и книг, в которых рассматриваются теоретические вопросы разработ-

ки технических средств управления преимущественно для стационарных пунктов управления. Данная книга является логическим дополнением имеющихся публикаций и, безусловно, окажет помощь инженерно-техническим работникам в их практической работе.

Главы 1 и 2 написаны Ф. М. Халиным, главы 3 и 4 А. В. Потаповым и Ф. М. Халиным, § 5 главы 1 В. Т. Романовым и Ф. М. Халиным.

ГЛАВА 1

СЛУЖЕБНО-ДИСПЕТЧЕРСКАЯ СВЯЗЬ

1.1. Назначение служебно-диспетчерской связи и основные эксплуатационные требования к ней

Основным назначением служебно-диспетчерской связи (СДС) является обеспечение своевременной передачи информации по управлению различного рода службами, производством, а также комплексами технических средств, которые могут быть использованы как централизованно в составе организационно-технического объединения, так и отдельными автономными группами, выполняющими частные либо специальные задачи.

Поэтому СДС по своим техническим характеристикам должна обладать большой гибкостью, чтобы обеспечить работу при централизации технических средств, а также в случае их автономного использования.

Устройства СДС должны оперативно обеспечивать установление избирательной и циркулярной связи между старшим ответственным лицом (диспетчером, дежурным и др.) и операторами отдельных элементов комплекса технических средств, а также ведение переговоров между операторами технических средств, выполняющими общие задачи.

Устройства служебно-диспетчерской связи должны обеспечивать работу как по радио, так и по кабельным линиям, иметь единое типовое рабочее место с одинаковыми манипуляциями на нем.

Работа радиосредств служебно-диспетчерской связи должна обеспечиваться как на месте, так и в движении без дополнительного переключения режимов работы устройств СДС.

Для повышения оперативности управления служебно-диспетчерская связь должна быть преимущественно громкоговорящей с возможностью автоматизированного установления соединений. В то же время должна обеспечиваться и обычная телефонная связь.

Для исключения мешающего воздействия посторонних переговоров служебно-диспетчерская связь строится, как правило, по избирательному принципу. Вместе с тем обеспечивается возможность установления циркулярных соединений для быстрой передачи указаний, оповещения, а также проведения циркулярно-совещательных переговоров.

Основной объем переговоров в системе служебно-диспетчерской связи составляют переговоры абонентов оконечных устройств с лицом, осуществляющим управление техническими средствами, рабочее место которого оборудуется с этой целью специальным пультом служебно-диспетчерской связи.

Пульты могут размещаться в центральных объектах совместно с другим оборудованием и поэтому должны быть малогабаритными, простыми по устройству и схемному построению, надежными в работе и удобными в эксплуатации.

Операции по установлению связи в СДС должны быть максимально упрощены, а сами процессы коммутации по возможности автоматизированы без излишнего усложнения аппаратуры. Сигналы вызова от младшего к старшему должны фиксироваться электрической лампой и кратковременно дублироваться акустическим прибором.

Старшему ответственному лицу должна быть предоставлена возможность вызывать подчиненных голосом через громкоговоритель. Когда нет сети переменного тока, СДС должна действовать от резервных источников питания. Служебно-диспетчерская связь может быть построена как по централизованному, так и по децентрализованному принципу.

1.2. Устройства централизованной служебно-диспетчерской связи

Одним из наиболее распространенных принципов организационного построения централизованной служебно-диспетчерской связи является радиальный ступенчатый принцип (рис. 1.1).

В состав СДС входят: центральный пульт ЦП, групповые пульты $ГП_1$ — $ГП_m$ и оконечные абонентские устройства $АУ_1$ — $АУ_к$, подключенные к групповым пультам посредством абонентских линий АЛ.

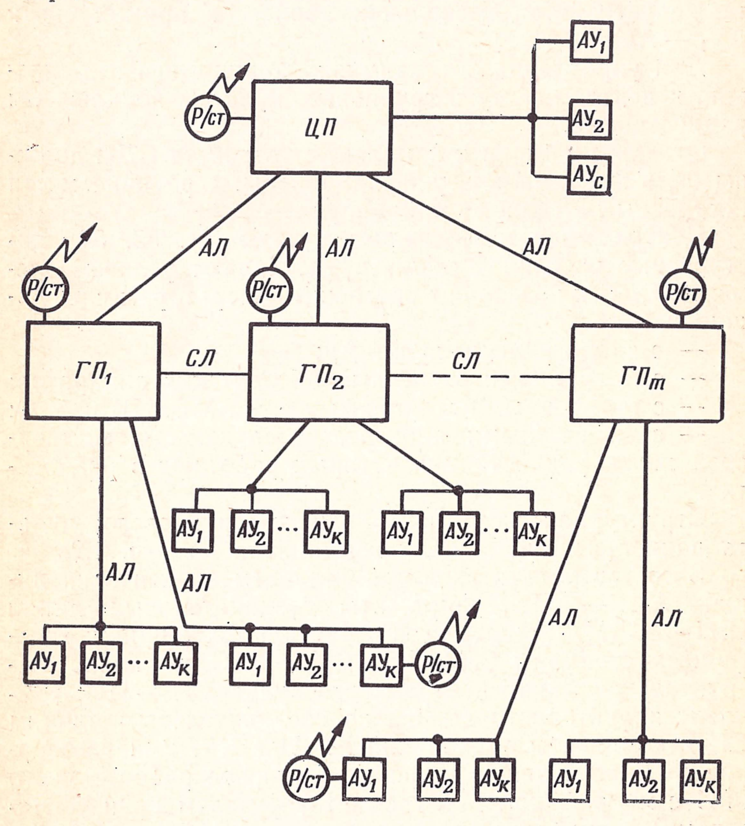


Рис. 1.1. Радиальный ступенчатый принцип построения централизованной СДС

Абоненты служебно-диспетчерской связи могут быть разделены на отдельные подгруппы, абонентские аппараты в которых подключены параллельно. Группирование оконечных абонентских аппаратов производится с целью уменьшения емкости центральных и групповых пультов и соответственно их габаритов и веса при сохранении относительного удобства эксплуатации за счет

избирательного вызова подгрупп. Групповые пульты с помощью кабельных соединительных линий СЛ соединены между собой и с центральным пультом.

К центральному пульту СДС могут быть подключены также устройства нескольких абонентов прямой связи $АУ_1$ — $АУ_с$.

Для управления объектами, находящимися в движении, к центральному и групповым пультам подключены радиостанции.

Отдельные блоки и комплекты устройств СДС должны быть максимально унифицированы, а рабочие места построены по единому принципу.

Центральный и групповые пульты [51, 53, 54], построенные по единой схеме, представляют узловые элементы СДС и позволяют обеспечить операторам следующие связи:

— с аналогичными пультами;

— с N группами оконечных абонентских аппаратов;

— с телефонными станциями систем МБ, ЦБ и АТС;

— с подвижными абонентами служебно-диспетчерской связи, радиостанции которых работают в радиосетях.

Структурная схема центрального (группового) пульта радиопроводной СДС представлена на рис. 1.2.

В состав пульта входят: комплекты абонентских линий АЛ1 — АЛN, комплекты соединительных линий СЛ1 — СЛМ, комплекты соединительных линий к телефонным станциям СЛ — ЦБ, СЛ — АТС, комплект соединительной линии центрального пульта СЛ — ЦП, комплект индукторного вызова по соединительным линиям КИВ, комплекты радиолиний КРЛ1 и КРЛ2, переговорное громкоговорящее устройство (первое рабочее место РМ1 с микрофоном Мк, громкоговорителем Гр и усилителями), телефонное переговорное устройство (второе рабочее место РМ2), общевызывной звонок Зв, устройства избирательного вызова и обеспечения полудуплексного режима ведения переговоров.

Вместо линий от оконечных аппаратов могут быть подключены линии от двухпроводных служебных каналов магистральных линий связи.

Пульт имеет два рабочих места, одно из которых оборудовано громкоговорящим переговорным устройством. На втором рабочем месте для переговоров используется микротелефонная трубка. Таким образом, с пуль-

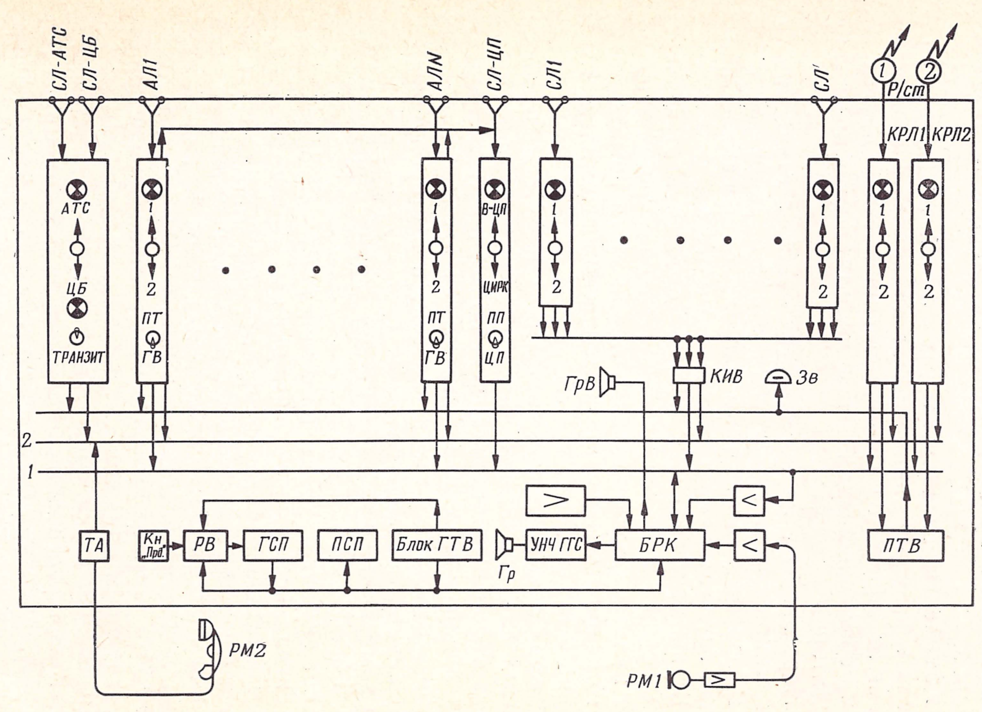


Рис. 1.2. Структурная схема центрального пульта радиопроводной системы СДС

та одновременно могут вести переговоры два оператора.

Схема пульта обеспечивает коммутацию между собой любых пар абонентских и соединительных линий с возможностью прослушивания ведущихся по ним переговоров.

Комплекты соединительных линий позволяют подключать к пульту линии как от аппаратов системы МБ, так и от аппаратов громкоговорящей связи других систем, обеспечивающих вызов пульта постоянным либо индукторным током.

Переговоры с их абонентами можно вести посредством микротелефонной трубки второго рабочего места.

Вызов абонентов через комплекты соединительных линий осуществляется индукторным током.

Вызов центрального пульта обеспечивается через специальный комплект соединительной линии группового пульта. Соединительная линия этого комплекта на другом конце включается в абонентский комплект центрального пульта.

Комплекты абонентских линий АЛ1 — АЛN предназначены для совместной работы пульта с аппаратами громкоговорящего типа. Вызов по комплектам абонентских линий в сторону пульта может производиться как постоянным током, так и голосом, а в сторону оконечного аппарата только голосом.

Схема комплекта абонентской линии приведена на рис. 1.3.

Она включает: реле циркуляра *Р1*, линейное реле *Р2*, сигнальное реле *Р3*, сигнальную лампу вызова *Л*, переключатель набора группового циркуляра *В1*, переключатель вида вызова *В2* (сигналом постоянного тока ПТ или голосом ВГ), телефонный ключ К для коммутации линии на разговорные шины РМ1 или РМ2.

Работа комплекта абонентской линии осуществляется следующим образом.

Вызывной сигнал постоянного тока от оконечного абонентского устройства поступает на линейное реле *Р2*, которое, сработав, через контакты своих пружин подает питание на звонок и самоблокирующееся сигнальное реле *Р3*, а также через сопротивление *R1* на лампочку вызова *Л*. Реле *Р3* срабатывает и блокируется, обеспечивая световую сигнализацию поступления вызова.

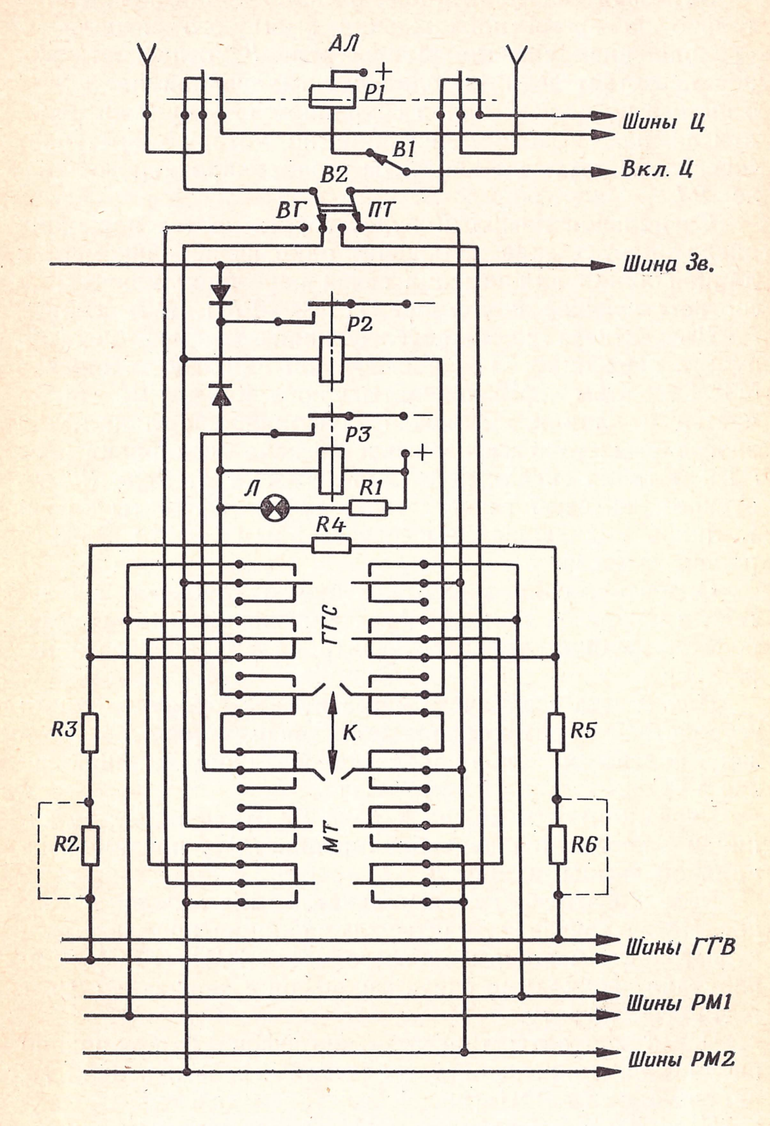


Рис. 1.3. Схема комплекта абонентской линии

Звуковая сигнализация о вызове обеспечивается только на время прохождения вызывного сигнала. С прекращением сигнала вызова реле *Р2* отпускает, звонок перестает звонить, однако сигнализация на пульте о вызове по данной линии сохраняется — горит сигнальная лампа вызова *Л*, питание на которую поступает через замкнутые контакты заблокированного реле *Р3*.

Сигнальная лампа *Л* будет гореть до тех пор, пока оператор пульта не подключит одно из рабочих мест к данной линии для ведения связи переводом ключа К в соответствующее положение (ГГС — РМ1, МТ — РМ2).

Для ответа с микротелефонной трубки оператор пульта переводит ключ абонентской линии в положение МТ. При этом через контакты ключа К реле *Р2* отключается от линии, исключая шунтирование линии для разговорных токов, и разрывается цепь блокировки реле *Р3* и питания сигнальной лампы вызова *Л*. Реле *Р3* отпускает, лампа *Л* гаснет. Через другие контакты ключа К линия подключается к разговорным шинам второго рабочего места.

Оператор, сняв микротелефонную трубку с держателя и нажав ее тангенту (для включения питания микрофона трубки), может отвечать на вызов и вести переговоры.

Для ответа с рабочего места пульта, оборудованного устройством громкоговорящей связи, оператор должен перевести ключ абонентской линии в положение ГГС.

Через контакты ключа К реле *Р2* отключается от линии и разрывается цепь блокировки *Р3* и питания сигнальной лампы вызова *Л*.

Реле *Р3* отпускает, сигнальная лампа вызова *Л* гаснет. Через другие контакты ключа линия подключается к разговорным шинам рабочего места РМ1 (ГГС). Для передачи необходимо снять микрофон с держателя и нажать его тангенту.

Через контакты тангенты микрофона будет подано питание на микрофонный усилитель и реле передачи *Р2* рабочего места РМ1 (рис. 1.7).

Реле *Р2* рабочего места РМ1 срабатывает и подключает шунтирующий конденсатор *С* параллельно входу приемного усилителя. Благодаря этому исключается акустическая завязка в тракте ГГС и обеспечивается

контроль своей передачи и встречного разговора (перебоя) абонента на пониженной громкости.

Оператор пульта ведет переговоры, нажимая тангенту микрофона при передаче и отпуская ее при приеме.

При вызове оператора пульта голосом сигнал вызова через нормально замкнутые контакты ключа в среднем его положении поступит на шины громкоговорящего вызова через сопротивления *R2* — *R6* удлинителя.

После усиления предварительным усилителем и усилителем циркуляра он поступит на громкоговоритель вызова ГрВ пульта.

Отвечать на вызов оператор пульта может с любого рабочего места, переведя ключ данной абонентской линии в соответствующее положение.

Вызов абонентов по комплектам АЛ1 — АЛN оператор пульта может производить только голосом.

Для вызова абонента оператор пульта переводит соответствующий ключ АЛ в положение ГГС либо МТ и голосом вызывает требуемого абонента через разговорные приборы РМ1 или РМ2 соответственно.

При переводе ключа комплекта АЛ в положение ГГС линия абонента подключается к разговорным шинам первого рабочего места.

При этом прием осуществляется на громкоговоритель Гр ГГС, а передача с микрофона.

При переводе ключа в положение МТ переговоры ведутся с использованием микротелефонной трубки.

Комплекты соединительных линий предназначены для обеспечения связи с аналогичными пультами либо с аппаратами типа МБ.

К комплектам соединительных линий могут быть подключены также аппараты громкоговорящей связи других систем, обеспечивающие посылку вызова постоянным или индукторным током.

Схема комплекта соединительной линии приведена на рис. 1.4.

Она содержит следующие элементы: унифицированный приемник вызова, включающий мостовую схему на диодах *Д1* — *Д4*, линейное реле *Р1*, сигнальное реле *Р2* и сигнальную лампу вызова *Л*; телефонный ключ К1 для коммутации линии на шины рабочих мест РМ1 либо РМ2.

Совместно с комплектами соединительных линий работает комплект индукторного вызова КИВ, общий для

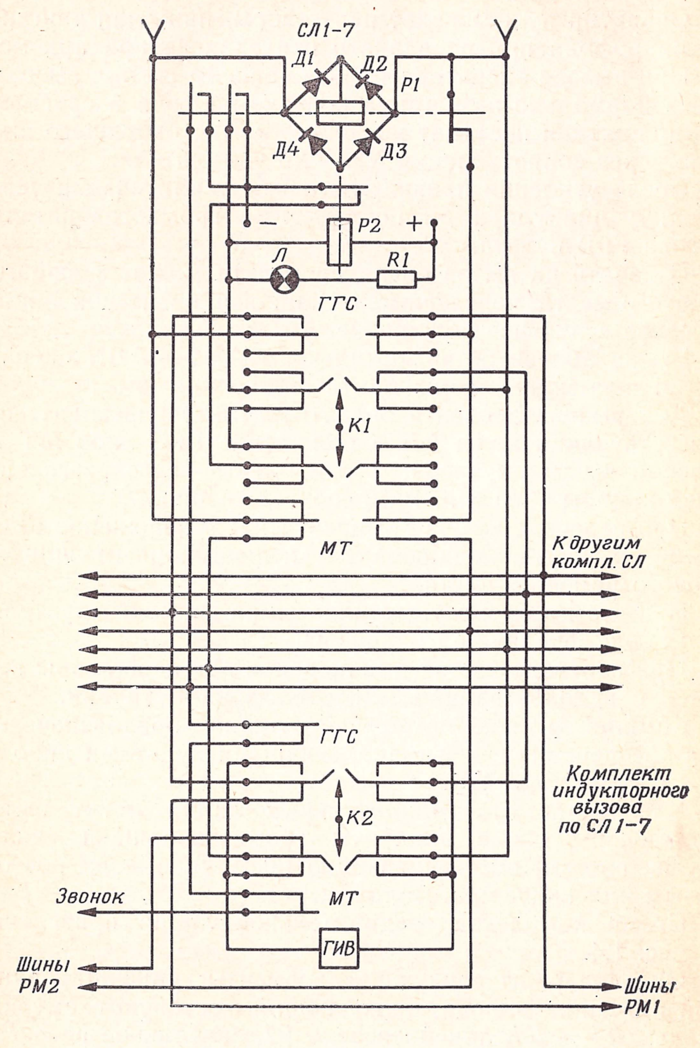


Рис. 1.4. Схема комплекта СЛ и КИВ

всех соединительных линий и состоящий из телефонного ключа К2 и генератора индукторного вызова (ГИВ).

Работа комплекта соединительной линии осуществляется следующим образом.

Вызывной сигнал через мостовую выпрямительную схему на диодах *Д1 — Д4* поступает на линейное реле *Р1*, которое, сработав, через контакты своих пружин подает питание на общевызывной звонок Зв и самоблокирующее реле *Р2* с сигнальной лампой вызова *Л*.

Особенностью унифицированного приемника вызова является наличие мостового выпрямителя, обеспечивающего прием вызова постоянным током любой полярности либо от индуктора телефонного аппарата.

В остальном работа унифицированного приемника вызова аналогична работе описанных выше элементов приема вызова комплектов абонентских линий.

Посылка вызова по соединительным линиям производится с помощью общего для всех комплектов соединительных линий комплекта индукторного вызова КИВ.

Для посылки вызова требуемому абоненту оператор пульта должен перевести телефонный ключ соответствующей линии в положение МТ или ГГС (в зависимости от того, какое рабочее место свободно в данный момент), а затем кратковременно нажать ключ К2 в такое же положение.

При включении ключа К2 разговорные шины рабочего места будут отключены от линии, а в линию на время нажатия ключа К2 с пульта будет послан вызывной индукторный сигнал. Так как мостовая схема и линейное реле постоянно подключены к линии, то при посылке вызова кратковременно сработает также линейное реле *Р2* пульта, подав питание через резистор *R1* на сигнальную лампу вызова *Л*, благодаря чему обеспечивается контроль наличия вызывного тока. Звонок при этом не сработает, так как его шина разомкнута контактами ключа К2.

Переговоры с абонентами по соединительным линиям оператор пульта может вести с любого рабочего места аналогично описанному выше.

Связь с АТС и коммутатором ЦБ обеспечивается с пульта через комплект СЛ — ЦБ, СЛ — АТС.

Схема комплекта соединительной линии СЛ — ЦБ, СЛ — АТС изображена на рис. 1.5 и включает следующие основные элементы: номеронабиратель, линейное

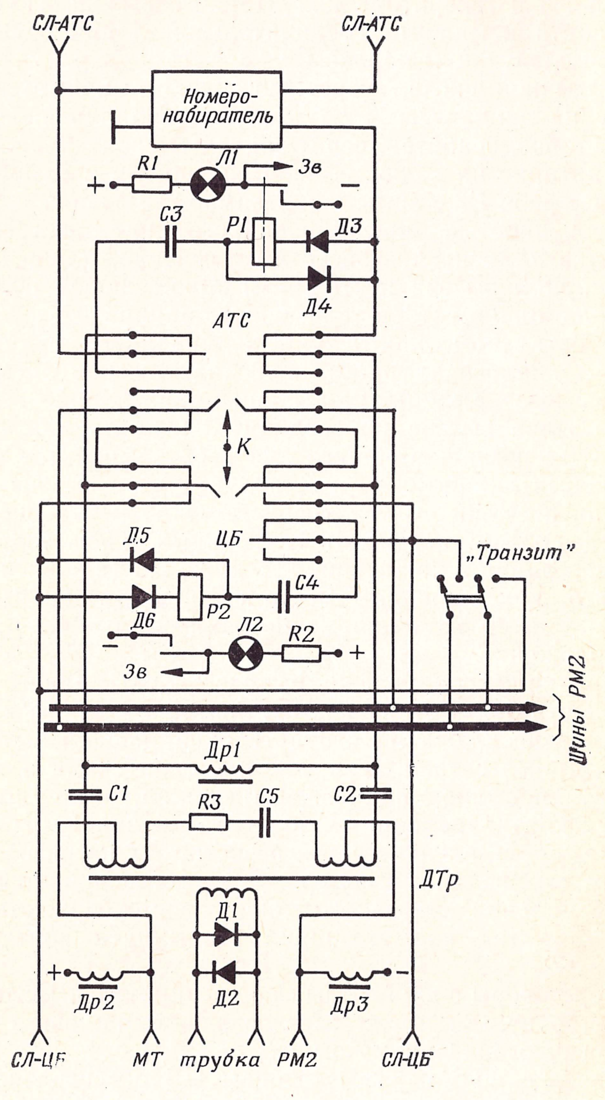


Рис. 1.5. Схема комплекта ЦБ—АТС и РМ2

реле *Р1*, сигнальную лампу вызова *Л1*, линейное реле *Р2*, сигнальную лампу вызова *Л2*, дроссель *Др1* шлейфа по постоянному току, телефонный ключ К для подключения линии от АТС или от коммутатора ЦБ к разговорным шинам РМ2.

Вызов с АТС поступает на линейное реле *Р1*, которое, срабатывая, подает питание на сигнальную лампу вызова *Л1* через резистор *R1* и общевызывной звонок.

Для ведения переговоров оператор пульта должен снять микротелефонную трубку, перевести ключ К комплекта в положение АТС и нажать тангенту трубки.

При переводе ключа в рабочее положение через дроссель *Др1* образуется шлейф по постоянному току.

Занятие АТС происходит автоматически при переводе ключа комплекта в положение АТС за счет образования шлейфа по постоянному току через дроссель *Др1*.

Получив ответный тональный сигнал АТС, оператор пульта набирает номер требуемого абонента с помощью номеронабирателя комплекта.

Индукторный вызов от коммутатора ЦБ поступает на реле *Р2* комплекта СЛ ЦБ — АТС. Сработав, реле *Р2* замыкает цепь питания сигнальной лампы *Л2* через резистор *R2* и звонка.

Для ведения переговоров оператор пульта должен снять трубку, перевести ключ комплекта в положение ЦБ и нажать тангенту трубки.

Вызов на коммутатор ЦБ подается автоматически при переводе ключа комплекта в положение ЦБ за счет образования шлейфа по постоянному току через *Др1* комплекта.

Оператор пульта имеет возможность соединить абонента коммутатора ЦБ (АТС) с любым из абонентов пульта с помощью тумблера «Транзит», который переключает линию от коммутатора или АТС на разговорные шины РМ2.

Для соединения абонента пульта с абонентом коммутатора ЦБ (АТС) необходимо ключ комплекта этой линии перевести в положение МТ. Оператор пульта при этом контролирует с помощью микротелефонной трубки ведущиеся переговоры.

Комплект СЛ — ЦП предназначен для обеспечения громкоговорящей связи с операторами подчиненных пультов и оконечными абонентами.

Пульт СДС при ведении связи через комплект СЛ — ЦП может работать в режиме диспетчерского центрального пульта (режим ЦП) либо в режиме подчиненного пульта (режим ПП).

Схема комплекта СЛ — ЦП приведена на рис. 1.6 и содержит следующие основные элементы: реле циркуляра РЦ, сигнальную лампу циркуляра *Л*, телефонный ключ К для включения режима «Циркуляр» и посылки вызова постоянным током на центральный пульт, переключатель *В* для установки режимов работы ПП (подчиненный пульт) либо ЦП (центральный пульт), дроссель *Др* (для исключения шунтирования линии ЦП по переменному току), согласующий трансформатор *Тр*.

Комплект СЛ — ЦП подчиненного пульта (в режиме ПП) подключается двухпроводной линией к одному из комплектов АЛ1 — АЛN пульта, работающего в режиме ЦП.

Переключение режима работы пульта осуществляется с помощью тумблера ПП — ЦП. Вызов оператора подчиненного пульта производится голосом.

Оператор подчиненного пульта, работающего в режиме ПП, посылает вызов на пульт, работающий в режиме ЦП, кратковременным нажатием ключа комплекта СЛ — ЦП в положение ВЫЗОВ ЦП (В — ЦП). При этом в линию СЛ — ЦП на время нажатия ключа будет подан вызывной сигнал постоянного тока, принимаемый на комплекте АЛ центрального пульта.

Оператор пульта, работающего в режиме ПП, может передать циркулярное сообщение по комплектам абонентских линий АЛ1 — АЛN, подключенных к его пульту, для чего он должен перевести ключ комплекта СЛ — ЦП в положение ЦИРКУЛЯР. При этом через контакты ключа и переключателя *В* будет подано питание на сигнальную лампу циркуляра и реле *Р1* комплектов абонентских линий.

Реле *Р1* комплектов абонентских линий сработают, переключая абонентские линии к соединительной линии ЦП и через контакты ключа комплекта СЛ — ЦП к тракту ГГС пульта (РМ1). Одновременно через контакты ключа комплекта СЛ — ЦП будет замкнута цепь питания реле *Р1* рабочего места РМ1, которое своими контактами переведет схему РМ1 в режим передачи циркулярного сообщения:

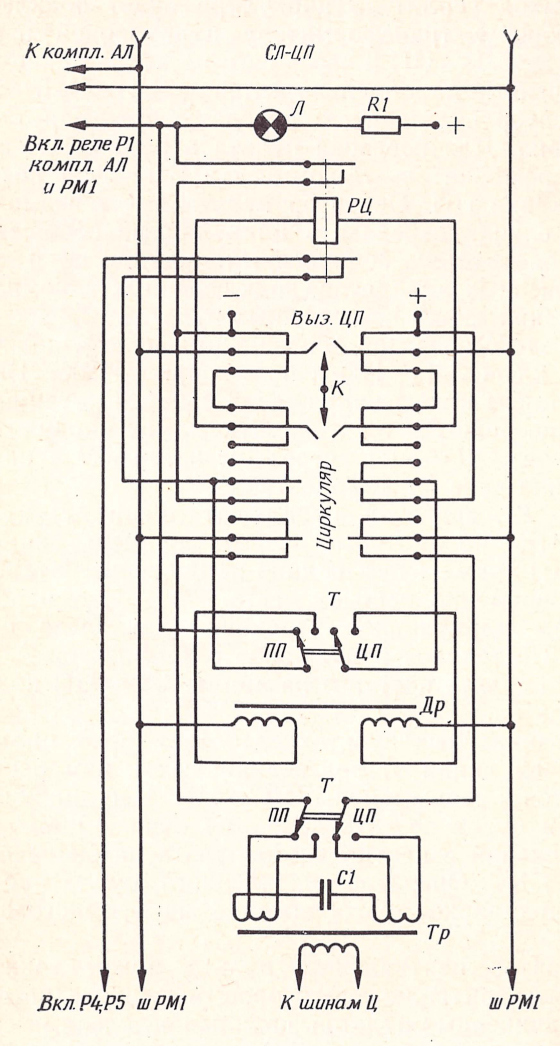


Рис. 1.6. Схема комплекта СЛ—ЦП

— усилитель передачи через удлинитель будет скоммутирован на вход усилителя циркулярной связи;

— выход усилителя циркуляра будет подключен к согласующему трансформатору циркулярной передачи комплекта СЛ — ЦП и через него на абонентские линии, подключенные параллельно к линии СЛ — ЦП.

Оператор пульта ведет передачу, нажимая тангенту микрофона. Для перевода пульта в режим ЦП необходимо переключатель *В* комплекта СЛ — ЦП поставить в положение ЦП. Оператор пульта имеет возможность в этом случае передавать циркулярные сообщения не только операторам подчиненных пультов, но и абонентам оконечных аппаратов, подключенных к комплектам абонентских линий подчиненных пультов.

Для этого оператор центрального пульта должен перевести ключ СЛ — ЦП в положение ЦИРКУЛЯР. Через контакты ключа напряжение батареи питания будет подано на реле *РЦ* и сигнальную лампу циркулятора *Л* комплекта СЛ — ЦП, через резистор *R1* — на шину включения реле *Р1* комплектов АЛ.

Реле *Р1*, сработав, подключат линии АЛ к шинам СЛ — ЦП, на которые через дроссель комплекта СЛ — ЦП также будет подано напряжение батареи.

Одновременно рабочее место РМ1 будет переведено в режим циркулярной передачи (как было описано выше). Постоянное напряжение с комплектов АЛ центрального пульта поступит на линии СЛ — ЦП подчиненных пультов.

В подчиненных пультах сработает реле циркуляра, подключая линии от подсоединенных к ним оконечных аппаратов к своим шинам СЛ — ЦП. Цепь циркулярной передачи будет подготовлена для отдачи циркулярных распоряжений с центрального пульта на оконечные аппараты СДС. Оператор подчиненного пульта прослушивает циркулярное распоряжение на громкоговоритель Гр.

Оператор центрального пульта может также осуществлять контроль переговоров, ведущихся по системе ГГС подчиненных пультов, подключаясь своими соответствующими комплектами АЛ к комплектам СЛ — ЦП подчиненных пультов.

Рабочее место № 1 (РМ1) предназначено для обеспечения оператору пульта ведения громкоговорящих переговоров с подключенными абонентами в симплексном

режиме с возможностью прослушивания встречного разговора (перебоя) на пониженной громкости.

Структурная схема рабочего места РМ1 приведена на рис. 1.7 и включает следующие основные элементы:

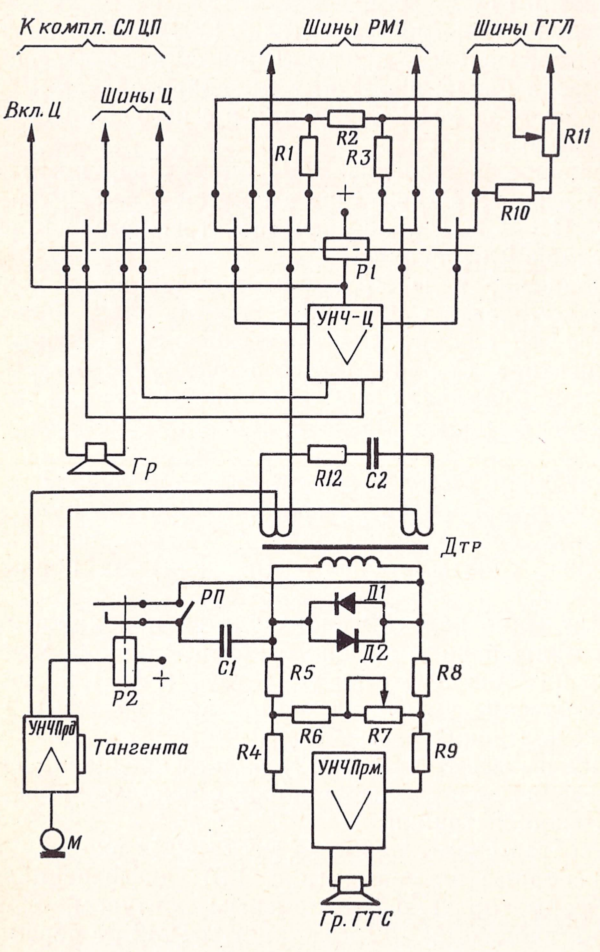


Рис. 1.7. Структурная схема РМ1

реле *Р1* для переключения РМ1 в режим циркуляра, УНЧ приема, УНЧ передачи, УНЧ циркуляра, микрофон, дифференциальный трансформатор, удлинитель циркулярной передачи *R1* — *R3*, удлинитель *R4* — *R9* с

регулятором громкости *R7*, регулятор уровня громкоговорящего вызова *R11*, реле *Р2* подключения шунтирующего конденсатора в режиме передачи, ограничитель на диодах *Д1*, *Д2*, громкоговоритель вызова ГрВ, громкоговоритель ГГС.

Предварительный усилитель (УНЧ) громкоговорящего вызова служит для усиления сигнала вызова. Сигнал вызова после усиления в предварительном УНЧ попадает на вход УНЧ циркуляра и с него — на громкоговоритель вызова ГрВ.

Основное назначение УНЧ циркуляра, коммутируемого в режиме «Циркуляр» с помощью реле *Р1* на комплект СЛ — ЦП, — обеспечение требуемой мощности циркулярной передачи.

Включение реле *Р1* осуществляется через контакты ключа комплекта СЛ — ЦП в режиме циркуляра.

Реле *Р2* служит для подключения шунтирующего конденсатора *С* параллельно входу УНЧ приема для снижения громкости на динамике ГГС при ведении передачи с целью предотвращения акустической завязки.

Благодаря этому оператор пульта получает возможность контролировать на громкоговоритель пульта прохождение своего разговора, а также прослушивать встречные ответы абонента (перебой) на пониженной громкости.

Включение реле *Р2* производится при нажатии тангенты микрофона, с помощью которой одновременно подается питание также на усилитель (УНЧ) передачи.

Назначение других элементов ясно из схемы РМ1 и особых пояснений не требует.

Рабочее место № 2 (РМ2) пульта предназначено для обеспечения ведения переговоров с использованием микротелефонной трубки.

В состав схемы рабочего места РМ2 входят следующие основные элементы (рис. 1.5): дифференциальный трансформатор *ДТр* с балансным контуром, ограничитель на диодах *Д1*, *Д2* для защиты РМ2 от переменного напряжения индукторного вызова, разделительные конденсаторы *С1*, *С2*, дроссели *Др2*, *Др3* в цепи питания микрофона микротелефонной трубки, микротелефонная трубка с тангентой для включения питания микрофона.

Схема РМ2 представляет типовую противоместную схему телефонного аппарата.

Работа комплектов радиолиний КР-1 и КР-2 подробно рассматривается в главе 2, посвященной избирательному вызову в системе служебно-диспетчерской связи.

Улучшение эксплуатационных и качественных характеристик устройств СДС может быть обеспечено путем введения полудуплексного режима ведения громкоговорящих переговоров, внедрения избирательного вызова абонентов по проводным линиям, а также автоматизации процессов установления циркулярно-избирательных соединений и отбоя.

Как известно, полудуплексным называется режим ведения переговоров, обеспечивающий поочередное прохождение электрических сигналов по линии при наличии возможности в любой произвольно выбранный момент времени по инициативе принимающего абонента переменить направление прохождения электрических сигналов на обратное.

При полудуплексном режиме ведения переговоров тракт связи, как указывалось выше, является односторонним, что исключает всякие электрические и акустические завязки, имеющие место в дуплексных трактах с резко меняющимися параметрами, и обеспечивает высокое качество воспроизведения речи на приемном конце.

Обеспечение полудуплексного режима громкоговорящей связи, а также избирательного вызова абонентов возможно при введении в состав центрального пульта дополнительных элементов:

— генератора сигнала перебоя ГСП;

— приемника сигнала перебоя ПСП;

— реле времени РВ;

— исполнительных элементов перебоя (входят в состав блока релейной коммутации БРК РМ1);

— блока приемников тонального избирательного вызова ПТВ;

— блока генераторов тонального избирательного вызова ГТВ.

Рассмотрим работу пульта в полудуплексном режиме ГГС, а также при избирательном вызове абонентов по проводным линиям.

Для обеспечения избирательного вызова абонентов за каждым из них закрепляется определенная вызывная комбинация, с поступлением которой в абонентском аппарате срабатывают устройства сигнализации вызова только данного аппарата системы СДС.

Преимущества системы избирательного вызова абонентов особенно очевидны для тех случаев осуществления громкоговорящей связи, когда с целью сокращения емкости центральных (групповых) пультов к одной проводной линии параллельно подключены несколько оконечных аппаратов.

Сигналы вызова абонентов и переговоры с ними при этом не прослушиваются другими абонентами, что в значительной степени улучшает условия работы операторов технических комплексов, избавляя их от необходимости постоянного прослушивания не относящихся непосредственно к ним переговоров в ожидании вызова голосом.

Принципы технического обеспечения избирательного вызова по проводным линиям аналогичны принципам обеспечения избирательного вызова по радио и подробно рассматриваются в последующих разделах.

Для посылки избирательного вызова какому-либо из абонентов необходимо ключ этой линии перевести в рабочее положение, подключая разговорную шину пульта к линии.

При этом в блоке релейной коммутации сработают и заблокируются коммутационные реле, подключающие УНЧ приема к разговорной шине для определения занятости линии путем прослушивания на громкоговоритель.

Если линия свободна, кратковременным нажатием вызывной кнопки включают реле времени *РВ*, обеспечивающее автоматическое подключение генераторов сигналов тонального вызова к линии и посылку в линию сигнала избирательного вызова, закрепленного за данным вызываемым абонентом. Одновременно через контакты реле времени размыкается цепь блокировки коммутационных реле блока БРК, обеспечивая переключение линии с входа усилителя приема на выход усилителя передачи.

С возвращением реле времени в исходное состояние замыкается цепь светового сигнала «Микрофон включен», а выходы тональных генераторов отключаются от линии. Дальнейший вызов абонента осуществляется голосом.

На другом конце сигнал избирательного вызова будет раскодирован и принят в аппарате вызываемого

абонента, в котором при этом сработает звуковая и световая сигнализация поступления вызова.

Для ответа вызванный абонент должен ключ линии, с которой поступил вызов, перевести в рабочее положение и кратковременно нажать кнопку «Передача». При этом в его аппарате сработает реле времени, обеспечивая посылку в линию кратковременного тонального сигнала перебоя. В пульте вызывающего абонента сигнал будет принят приемником сигнала перебоя ПСП, постоянно подключенным к разговорной шине.

Через контакты реле ПСП будет подано питание на блокирующиеся реле коммутации БРК, которые, срабатывая, подключат линию к входу усилителя приема пульта. Вызванный абонент может отвечать вызывающему.

В процессе переговоров абоненты, поочередно нажимая кнопки «Передача» своих пультов, дистанционно автоматически переводят схему переговорного устройства другого абонента в режим приема.

В данном устройстве перебой осуществляется посылкой в линию специального управляющего тонального сигнала перебоя, что позволяет работать в этом режиме также по радиоканалам СДС и дуплексным радиорелейным и магистральным каналам служебной связи. Кнопка «Передача» и микрофон могут быть продублированы в любых других местах, что позволит операторам, ведущим переговоры, свободно перемещаться в процессе работы.

Абонентское устройство служебно-диспетчерской связи (рис. 1.8) включает элементы, аналогичные элементам центрального (группового) пульта СДС: унифицированные комплекты двухпроводных соединительных линий СЛ1 — СЛ3, комплект соединительной линии к АТС — СЛ АТС, комплект радиолинии КРЛ, генератор сигнала перебоя ГСП, приемник сигнала перебоя ПСП, электронное реле времени *РВ*, приемник сигналов тонального избирательного вызова ПТВ, генератор сигналов тонального избирательного вызова ГТВ, блок релейной коммутации БРК, переговорное громкоговорящее устройство рабочего места РМ1, микротелефонную трубку рабочего места РМ2.

Оконечный аппарат обеспечивает громкоговорящую связь по проводным соединительным линиям и дуплексным радиоканалам в режиме полудуплекса, а также

избирательный вызов отдельных абонентов системы СДС.

За каждым оконечным аппаратом закреплена определенная вызывная комбинация, на которую реагируют

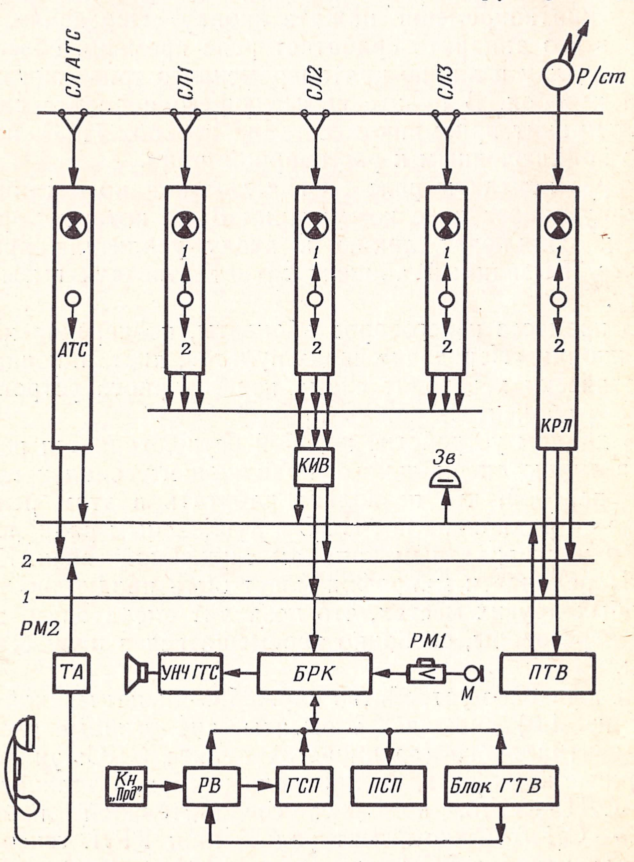


Рис. 1.8. Структурная схема абонентского устройства СДС

исполнительные устройства звуковой и световой индикации вызова только данного оконечного аппарата.

Технические принципы обеспечения громкоговорящей связи в полудуплексном режиме и избирательного вызова абонентов такие же, как и описанные выше для центрального (группового) пульта.

В комплекты проводных линий оконечного аппарата могут быть включены телефонные аппараты системы МБ или аппараты громкоговорящей связи других типов, имеющие устройства вызова постоянным или индукторным током.

В этих случаях ключи соответствующих линейных комплектов переводятся в положение МБ, а тональные сигналы перебоя в линию не посылаются.

Переговоры по радио с осуществлением громкоговорящего приема в зависимости от типа радиостанции, подключенной к оконечному аппарату, ведутся либо в симплексном режиме при симплексной радиостанции, либо в полудуплексном режиме при работе по дуплексным радиоканалам.

Соответствующая коммутация цепей оконечного аппарата при этом производится ключом радиолинии.

В ряде практических случаев требуется обеспечить автоматическое установление соединений между оператором одного пульта СДС и абонентами, включенными в другой пульт. Причем данные пульты могут быть удалены друг от друга на значительные расстояния и соединены каналами связи, а у абонентов установлены аппараты громкоговорящей связи, не содержащие элементов селекции.

Вариант схемы устройства, обеспечивающего решение данной задачи, приведен на рис. 1.9. Данное устройство работает следующим образом. Оператор пульта А для осуществления связи, например, с абонентом 2 пульта Б посредством контактов ключа Кл1 подключает переговорное устройство (ПУ) к каналу, соединяющему пульты А и Б. При этом вторым контактом данного ключа включается в работу реле времени с выдержкой около 1 с, соединяющее выход генератора индукторного вызова (ГИВ) с входом канала. Для исключения воздействия напряжения индуктора на переговорное устройство пульта А реле времени своим контактом разрывает цепь, соединяющую ПУ с выходом индуктора на время передачи сигнала индукторного вызова по каналу.

На приемной стороне канала в пульте Б приемник индукторного вызова ПИВ сработает и контактом своего реле включит в работу реле времени РВ1, которое в свою очередь первым контактом подключит общий вход приемников сигналов избирательного вызова (ПСИВ) к этому каналу на время, равное около 10 с. Вместе с тем

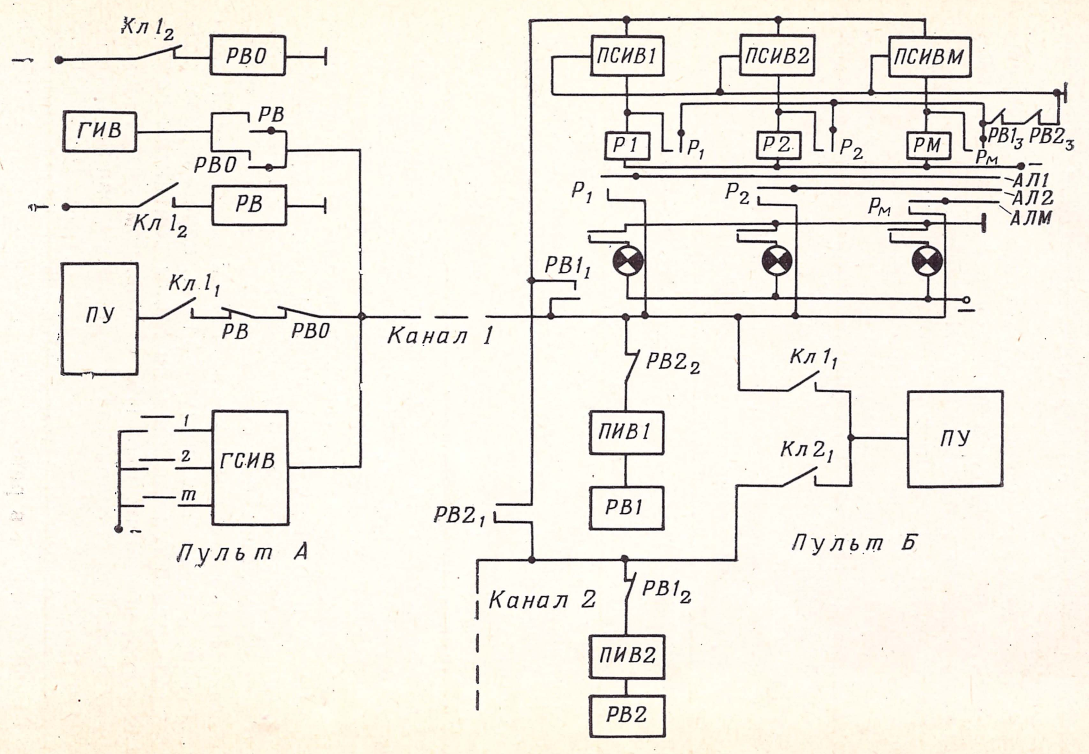


Рис. 1.9. Схема автоматического установления соединений между оператором пульта и абонентами, включенными в другой пульт

вторым контактом РВ1 разрывается цепь, соединяющая ПИВ2 со вторым каналом. Это осуществляется с целью исключения возможности переключения ПСИВ на второй канал в то время, когда по первому каналу производится передача вызывных сигналов.

Далее оператор пульта А нажимает на вторую кнопку генератора сигналов избирательного вызова (ГСИВ), в результате чего по каналу передается тональный сигнал, закрепленный за данным абонентом, с частотой F_2. Этот сигнал будет выделен приемником ПСИВ2 пульта Б, контакты самоблокирующего реле которого подключат линию второго абонента к каналу, после чего вызов абонента осуществляется голосом. Оператору пульта Б сигнализация об установленном соединении подается с помощью сигнальной лампочки.

По окончанию переговоров оператор пульта А возвращает ключ Кл1 в исходное состояние, в результате чего переговорное устройство отключается от канала, срабатывает отбойное реле времени РВО, и по каналу будет снова кратковременно передан индукторный сигнал с целью разблокировки реле *Р2* пульта Б путем кратковременного размыкания третьего контакта РВ1 и отключения линии второго абонента от канала.

С целью упрощения схема рассматриваемого устройства изображена в режиме установления соединения в одну сторону. Обеспечение установления связи в другую сторону осуществляется аналогичным по составу и схеме оборудованием.

1.3. Устройство децентрализованной служебно-диспетчерской связи

Существенным недостатком централизованной служебно-диспетчерской связи является осуществление связи с оконечными абонентами через промежуточные пульты СДС с ручным установлением на них необходимых соединений.

При централизованном построении СДС и ручном способе установления необходимых соединений на пультах значительно увеличивается время, необходимое на установление связи между абонентами. Кроме того, во многих практических случаях установление и разъединение соединений на пульте отвлекает оператора от выполнения основных задач.

От указанных недостатков свободны устройства СДС с децентрализованным режимом работы при равнодоступном использовании каналов (физических пар) служебной связи, с автоматическим поиском свободного канала и подключением к нему [49].

Исключение коммутации на промежуточных пультах и автоматизация процесса установления необходимых соединений в значительной степени повышают удобства эксплуатации и оперативность связи.

В децентрализованной системе служебно-диспетчерской связи абонентские устройства СДС подключаются параллельно к цепям, n-парного соединительного кабеля, емкость которого позволяет обеспечить одновременное ведение связи $2n$ абонентами.

Для повышения устойчивого функционирования системы СДС соединительный кабель может быть замкнут в кольцо (рис. 1.10), при повреждении которого в одном каком-либо месте связь между абонентами будет попрежнему сохранена.

Для обеспечения избирательного вызова абонентов СДС каждому управляемому объекту присваивается свой кодовый адрес.

В основе работы устройства лежит принцип группового равнодоступного использования соединительного кабеля (каналов) по принципу шнуровых пар с автоматическим поиском свободных из этих каналов.

Структурная схема абонентского устройства децентрализованной служебно-диспетчерской связи представлена на рис. 1.11. Она включает в себя кольцевой коммутатор КК, обеспечивающий последовательное подключение блока выделения (приема) и формирования адресных сигналов (блок адресования БА) к жилам n-парного кабеля, образующего каналы связи. При этом обеспечивается как прием адресного вызывного сигнала, присвоенного данному абонентскому устройству (режим приема вызывного сигнала — исходный режим), так и определение свободной пары жил кабеля при необходимости осуществления вызова.

При поступлении по любой из пар жил кабеля сигнала избирательного или циркулярного вызова блок адресования БА фиксируется на этой паре и выдает сигнал в блок коммутации БК на подключение к этой паре переговорного устройства ПУ, а на исполнительное устройство ИУ — для обеспечения соответствующей сигна-

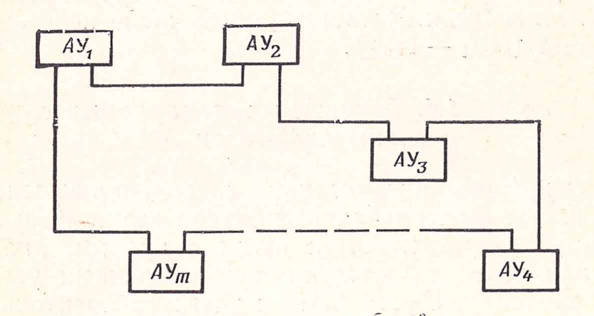


Рис. 1.10. Схема соединения абонентских устройств децентрализованной СДС

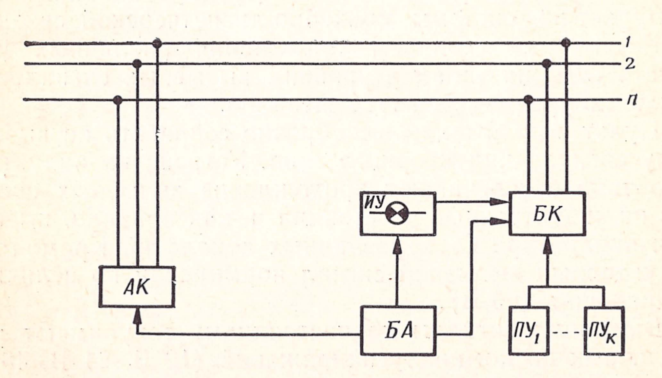


Рис. 1.11. Структурная схема абонентского устройства децентрализованной СДС

лизации. Для осуществления вызова абонента с помощью анализатора каналов АК автоматически выбирается свободная пара, после чего по этой паре посылается кодовый сигнал, присвоенный вызываемому абоненту. При размещении в одном месте нескольких абонентов устройство может обеспечить их обслуживание, для чего вводится соответствующее число переговорных устройств ($ПУ_1$ — $ПУ_к$).

1.4. Сопряжение аппаратуры служебно-диспетчерской связи

В практике организации служебно-диспетчерской связи имеют место различные случаи электрического сопряжения устройств СДС: пульт с пультом аналогичного или иного типа, пульт с абонентскими устройствами, абонентское устройство с другим абонентским устройством, пульт или абонентское устройство с телефонной станцией, пульт с каналами связи и др.

Вопросы электрического сопряжения с учетом обязательного обеспечения совместной работы внедряемых устройств СДС с существующими устройствами являются очень важными. От качества решения этих вопросов существенным образом зависят эксплуатационные характеристики системы служебно-диспетчерской связи.

Рассмотрим вопросы сопряжения различных устройств СДС по типам и уровням вызывных сигналов, а также по уровням речевых сигналов.

Пульт с пультом целесообразно сопрягать по вызывному сигналу индукторного типа. Устройства индукторного типа обеспечивают прохождение вызывных сигналов на значительные расстояния и, как правило, имеются в аппаратуре СДС различных поколений. Кроме того, индукторный вызывной сигнал нормирован по величине напряжения (60 В).

Вызывные сигналы по постоянному току имеют ряд различных по номиналу напряжений (12 В, 24 В, 48 В, 60 В). Дальность прохождения вызывных сигналов постоянного тока существенно ограничена, а пульты могут быть удалены один от другого на значительные расстояния.

По вызывным сигналам постоянного тока целесообразно сопрягать пульты с абонентскими устройствами. Удаление абонентских устройств от пульта обычно не-

значительно, а приемники сигналов постоянного тока предельно просты — реле и сигнальная лампа, что упрощает построение пульта СДС.

Для обеспечения сопряжения с телефонной станцией необходимо в устройства СДС ввести соответствующий комплект соединительной линии (ЦБ или АТС).

Соединение служебных устройств с каналами связи осуществляется преимущественно двухпроводными линиями с использованием индукторных вызывных сигналов.

При сопряжении устройств СДС по уровню речевых сигналов надо учитывать, как распределяется энергия на всех элементах образованного тракта служебной связи. Недопустимо малая ее величина в каких-либо точках тракта связи может быть причиной низкого качества связи, слишком большая величина вызывает нелинейные искажения и отрицательно влияет на другие каналы.

О качестве трактов связи судят не только по величине остаточного затухания, амплитудно-частотной характеристике, но и по обусловленным ими значениям специальных величин — уровней передачи сигналов (по мощности, напряжению и току).

Так как вопрос об уровнях передачи рассмотрен в основном только в недостаточно широко распространенной литературе, приведем здесь краткое изложение этого вопроса с учетом решаемой задачи.

Под уровнем передачи понимается отношение, показывающее (в логарифмическом масштабе) во сколько раз величины мощности P_x, напряжения U_x и тока I_x, измеряемые в любой точке канала, меньше или больше соответствующих величин P_0, U_0, I_0, измеренных в его начале.

При действии с логарифмическими единицами упрощаются, как известно, арифметические расчеты. Умножение и деление заменяется соответственно сложением и вычитанием, возведение в степень и извлечение корня — соответственно умножением и делением.

Величины уровней могут быть положительными, отрицательными и равными нулю.

В настоящее время за единицу измерения величины уровня передачи принят децибел (дБ).

Если мощность, напряжение и ток, действующие в какой-либо точке канала связи, сравниваются со значе-

ниями одноименных величин, принятыми за начальные (кажущаяся мощность — единица мВА, активная — 1 мВт, напряжение — 0,775 В, величина тока — 1,29 мА), то уровни передачи называются абсолютными. Они определяются по формулам

$$N_P = 10\lg\frac{P(\text{мВт})}{1};\quad N_U = 20\lg\frac{U(\text{В})}{0{,}775};\quad N_I = 20\lg\frac{I(\text{мА})}{1{,}29}.$$

Указанные начальные значения мощности, напряжения и тока имеют место, например, в цепи, образованной генератором с $E = 1{,}55$ В, $R_{\text{внутр}} = 600$ Ом и подключенной к нему нагрузкой, сопротивление которой $R_{\text{н}} = 600$ Ом.

Абсолютный уровень передачи в любой точке канала при мощности сигнала 1 мВт называют нулевым. Считают, что нулевой уровень передачи имеется на выходе телефонного аппарата системы МБ, включенного в линию, волновое сопротивление которой равно 600 Ом. Абсолютные уровни передачи по мощности, напряжению и току будут численно равны между собой, если сопротивление в точках измерения составляет 600 Ом. Величина абсолютного уровня передачи, полученная в точке цепи, к входу которой присоединен нормальный генератор (подан уровень, равный 0 дБ), представляет собой измерительный уровень по мощности и току.

Относительный уровень передачи в какой-либо точке цепи определяется путем сравнения рассматриваемых величин мощности P, напряжения U и тока I со значениями аналогичных величин, действующих в начале цепи (P_0, U_0, I_0),

$$N_{P_0} = 10\lg\frac{P}{P_0};\quad N_{U_0} = 20\lg\frac{U}{U_0};\quad N_{I_0} = 20\lg\frac{I}{I_0}.$$

Однако на практике еще широко используются измерительные приборы, показания которых выражены в неперах.

Относительные уровни передачи при этом определяют по формулам

$$N_{P_0} = \frac{1}{2}\ln\frac{P}{P_0};\quad N_{U_0} = \ln\frac{U}{U_0};\quad N_{I_0} = \ln\frac{I}{I_0}.$$

1 дБ = 0,115 Нп, 1 Нп = 8,69 дБ.

Для измерения уровней передачи применяется, например, указатель уровня — ламповый вольтметр, отгра-

дуированный в неперах. На его шкале вместо напряжения нанесены значения уровня, соответствующие напряжению. Например, 0,775 В соответствует 0 Нп; 1,56 В соответствует +0,7 Нп. Если прибор предназначен для включения в конце канала вместо нагрузки, то его входное сопротивление должно быть равно 600 Ом. При использовании прибора для параллельного подключения к нагрузке или к каким-либо точкам цепи его входное сопротивление должно составлять не менее 10—20 кОм.

Когда входное сопротивление прибора равно 600 Ом, а выходное сопротивление аппаратуры $Z_{вых}$ имеет другое значение (например, 135 Ом), уровень передачи по мощности определяют по формуле

$$N_P = N_U + \frac{1}{2} \ln \frac{600}{|Z_{вых}|},$$

где N_U — показания указателя уровня.

Второе слагаемое при $Z_{вых}=135$ Ом составляет 0,75 Нп.

При параллельном подключении прибора уровень передачи измеряют по напряжению. Когда $Z_{вых} \neq 600$ Ом,

$$N_U = N_P - \frac{1}{2} \ln \frac{600}{|Z_{вых}|}.$$

При $Z_{вых}=600$ Ом $N_P=N_U$.

Эти особенности следует учитывать, так как иногда на схемах указываются уровни по напряжению. В некоторых типах аппаратуры есть несколько точек, где $Z_{вых}=420$ Ом (выход для согласования с кабелем). В этом случае величина поправки равна 0,18 Нп $\left(\frac{1}{2} \ln \frac{600}{420} = 0,18 \text{ Нп}\right)$.

При образовании каналов, в том числе и каналов служебной связи, обычно рассчитывают и строят диаграммы уровней передачи, т. е. графически изображают изменение уровня передачи вдоль рассматриваемой цепи. Наиболее простая диаграмма (прямая линия) — диаграмма однородной линии, нагруженной на сопротивление, равное волновому.

Предположим, что в начале линии мощность имеет значение P_1. На расстоянии l от начала она будет равна

$$P_2 = P_1 e^{-2\beta l},$$

где β — коэффициент затухания линии.

Разделив левую и правую части равенства на величину эталонной (начальной) мощности P_0, а затем прологарифмировав обе части равенства и разделив их на 2, получим:

$$\frac{1}{2}\ln\frac{P_2}{P_0}=\frac{1}{2}\ln\frac{P_1}{P_0}-\beta l.$$

Так как $N_P=\frac{1}{2}\ln\frac{P_x}{P_0}$, то $P_2=P_1-\beta l$ или $P_1-P_2=\beta l$.

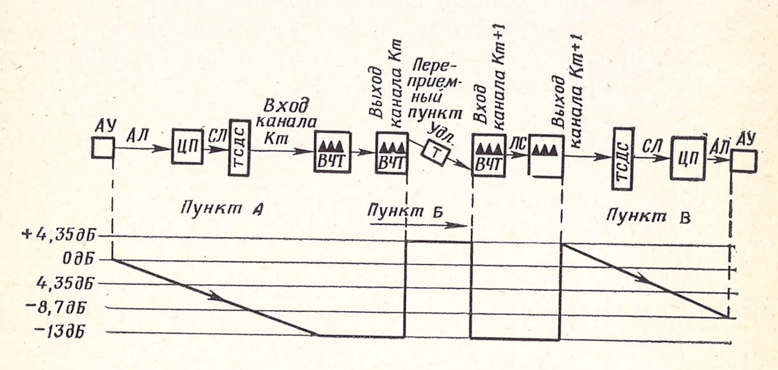


Рис. 1.12. Диаграмма уровней передачи

Разность уровней в рассматриваемых точках цепи равна затуханию линии, соединяющей эти точки. Так как это уравнение есть уравнение прямой линии, то и график изменения уровня передачи вдоль однородной линии, нагруженной на согласованные сопротивления, имеет вид прямой линии. Аналогичные выводы можно сделать и в отношении уровней по току и напряжению.

На рис. 1.12 приведена одна из применяемых на практике диаграмм уровней передачи. Из этой диаграммы видно, что связь по составному каналу будет нормальной, поскольку на вход каналообразующей аппаратуры и абонентского устройства СДС сигналы поступают с допустимым уровнем. Известно, что допустимый уровень входного сигнала для телефонных переговорных устройств лежит примерно в пределах 0—5 Нп.

Для четырехполюсников, образующих канал связи, обычно не удается полностью обеспечить условия согласованного включения. Поэтому, чтобы учесть свойства

данного четырехполюсника в действительных (рабочих) условиях, недостаточно знать лишь его параметры, в частности собственное затухание. Для этого необходимо определить его рабочее затухание

$$b_{\text{р}} = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_2} \text{ Нп},$$

где P_1 — полная мощность, которую отдал бы источник ЭДС сигнала согласованной с ним нагрузке;

P_2 — полная мощность, выделяющаяся в нагрузке четырехполюсника $Z_{\text{н}}$.

При определении рабочего затухания можно учитывать любую несогласованность как во входной, так и в выходной цепях четырехполюсника.

Рабочее усиление определяется по формуле

$$S = \frac{1}{2} \ln \frac{P_2}{P_1} \text{ Нп}.$$

Для определения вносимого затухания существует формула

$$b_{\text{вн}} = \frac{1}{2} \ln \frac{P_{\text{н}}}{P_r},$$

где $P_{\text{н}}$ — полная мощность, которая выделяется в сопротивлении нагрузки $Z_{\text{н}}$ при непосредственном ее подключении к источнику ЭДС Е, имеющему внутреннее сопротивление $Z_{\text{вн}} = Z_{\text{н}}$;

P_r — мощность, выделяющаяся в сопротивлении $Z_{\text{н}}$ при подключении его к источнику ЭДС через данный четырехполюсник.

Чтобы упростить расчеты, здесь приведена номограмма относительных значений мощности, напряжения и тока (рис. 1.13), которая представляет собой две отдельные полулогарифмические масштабные сетки [40]. Граница (линия) раздела этих сеток — диагональ образованного масштабными сетками четырехугольника. Для обеспечения высокой точности отсчета каждая масштабная сетка наделена восемью шкалами. В верхней масштабной сетке на линейной (горизонтальной) шкале отложены неперы, на логарифмической (вертикальной) — отношение мощностей; в нижней масштабной сетке на линейной (горизонтальной) шкале отложены децибелы,

на логарифмической (вертикальной) — отношение напряжений и токов.

Переход с линейной шкалы на логарифмическую и наоборот производится по границе (линии) раздела мас-

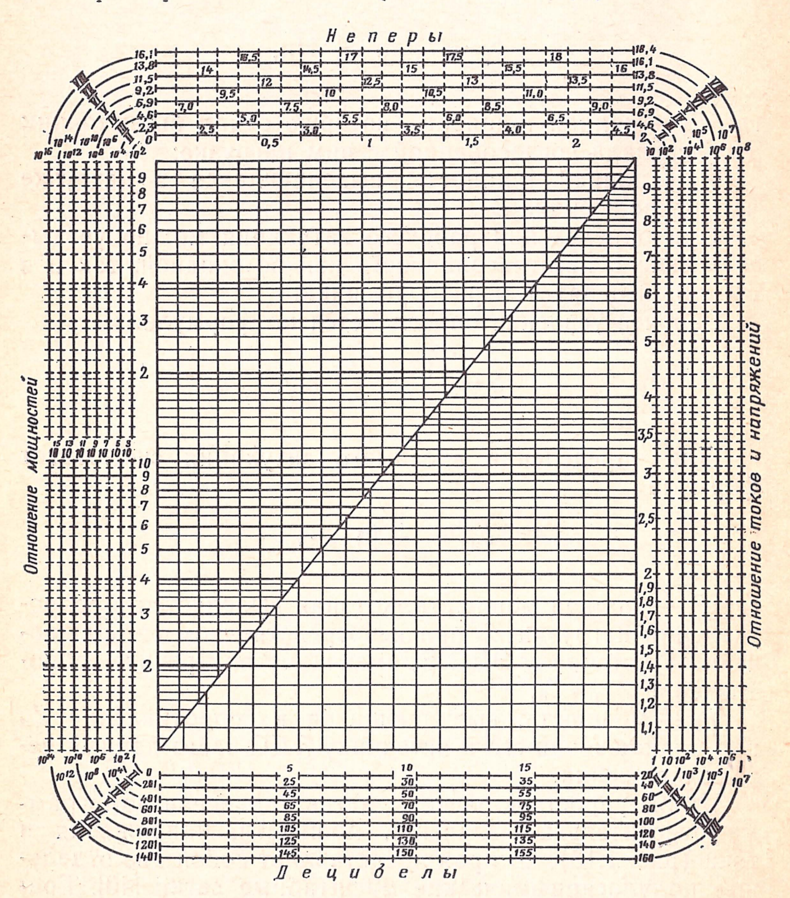


Рис. 1.13. Номограмма относительных значений мощности, напряжения и тока

штабных сеток, а соответствующие значения одноименных величин указаны на противоположных шкалах графика. При этом отсчет делают по шкалам, которые для удобства обозначены римскими цифрами.

1.5. Служебно-диспетчерская дуплексная громкоговорящая связь

В ряде практических случаев возникает необходимость ведения служебных переговоров с оператором без отрыва его от выполнения основных функций. Наиболее успешно данная задача может быть решена с помощью дуплексной громкоговорящей связи (ГГС).

В настоящем разделе рассматриваются некоторые вопросы обеспечения, возможности применения и условия работы аппаратуры дуплексной ГГС в основном в автономных сетях служебной связи.

Под дуплексными трактами связи понимаются такие тракты, в которых обеспечивается в одно и то же время прохождение электрических сигналов в обоих направлениях между двумя абонентами. Задача осуществления дуплексного режима в телефонных трактах существенно усложняется при необходимости обеспечения громкоговорящего приема. В этом случае устойчивость тракта к самовозбуждению резко уменьшается по сравнению с использованием микротелефонной трубки из-за меньшего затухания между передающим (микрофон) и приемным (громкоговоритель) электроакустическими преобразователями и необходимостью повышения чувствительности цепи передачи и приема.

При двухпроводной схеме абонентских аппаратов тракт громкоговорящей связи имеет две параллельные цепи обратной связи, характеристики которых определяют устойчивость тракта в целом (рис. 1.14). Это так называемые малое и большое кольца обратной связи.

Цепь малого кольца включает в себя микрофон и громкоговоритель с усилителями приема и передачи данного абонентского аппарата, воздушный промежуток между микрофоном и громкоговорителем и дифференциальную систему аппарата.

Цепь обратной связи большого кольца состоит из передающих трактов абонентских аппаратов (микрофон с усилителем передачи), приемных трактов аппаратов (усилитель приема с громкоговорителем) и воздушных промежутков между громкоговорителями и микрофонами обоих абонентских аппаратов.

При четырехпроводной схеме соединения абонентских аппаратов цепь обратной связи малого кольца разрывается и общая устойчивость тракта дуплексной ГГС

будет определяться только цепью обратной связи большого кольца. Поскольку осуществление четырехпроводного соединения абонентских аппаратов в автономных сетях ГГС с малой протяженностью соединительных ли-

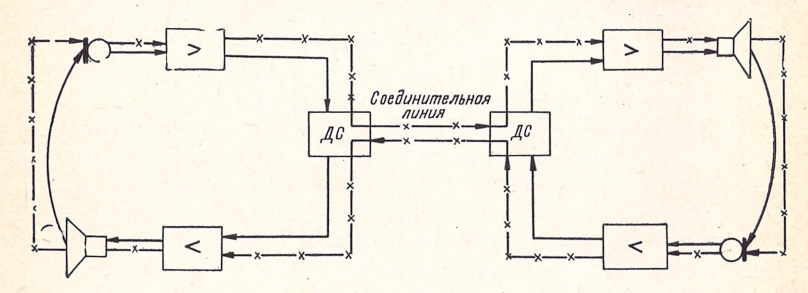


Рис. 1.14. Структурная схема двухпроводного тракта дуплексной громкоговорящей связи:
—→— цепь малого кольца обратной связи;
—×—×— цепь большого кольца обратной связи

ний не представляет существенных технических трудностей, в дальнейшем будем рассматривать зависимость устойчивости тракта ГГС только от характеристик цепи обратной связи большого кольца (рис. 1.15).

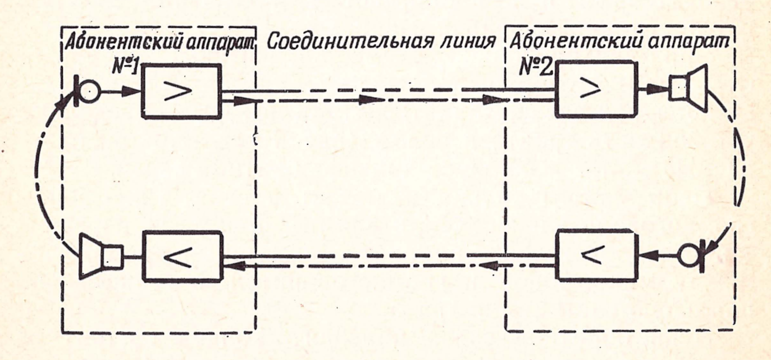


Рис. 1.15. Структурная схема четырехпроводного тракта дуплексной громкоговорящей связи

Такой подход к рассмотрению устойчивости дуплексных трактов ГГС правомерен еще и потому, что затухание местного эффекта дифференциальных систем ($b_{мэ}$) при постоянных активных нагрузках аппаратов и корот-

ких соединительных линиях может быть достаточно большим ($b_{мэ} \approx 30$ дБ), поэтому принятое допущение не повлияет на конечные выводы. В общем виде условие устойчивости усилительной системы с обратной связью определяется следующими соотношениями [55] (рис. 1.16).

$$\dot{K}_{пер.\ сист} = \frac{\dot{U}_{вых}}{\dot{U}_{вх_\Sigma}}, \qquad (1.1)$$

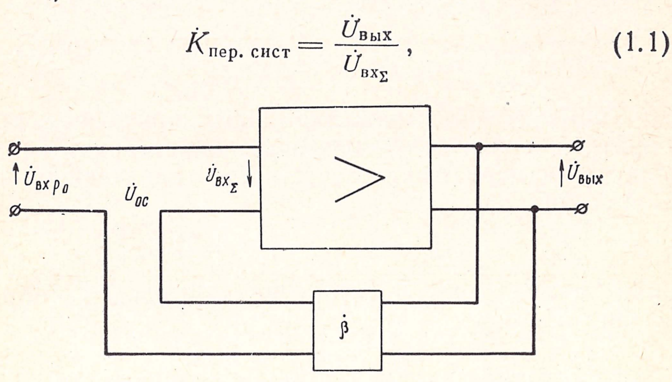


Рис. 1.16. Эквивалентная схема усилительной системы с обратной связью

где $\dot{U}_{вых}$ — напряжение на звуковой катушке громкоговорителя аппарата слушающего абонента;

$$\dot{U}_{вх_\Sigma} = \dot{U}_{вх\,p_0} + \dot{U}_{ос}, \qquad (1.2)$$

где $\dot{U}_{вх_{p_0}}$ — напряжение на выходе микрофона (входе усилителя передачи), развиваемое от воздействия речи передающего абонента;

$\dot{U}_{ос}$ — напряжение на выходе микрофона, развиваемое за счет наличия акустической связи между микрофоном и громкоговорителем.

Коэффициент передачи цепи электроакустической обратной связи

$$\dot{\beta} = \frac{\dot{U}_{ос}}{\dot{U}_{вых}}, \qquad (1.3)$$

поскольку входным напряжением для цепи обратной связи является выходное напряжение ($\dot{U}_{вых}$) усилительного тракта, а выходным — $\dot{U}_{ос}$

$$\dot U_{вых}=\dot K_{пер.ус}\dot U_{вх p_0};\ \dot\beta=\frac{\dot U_{ос}}{\dot K_{пер.ус}\ \dot U_{вх p_0}};\ \dot U_{ос}=\dot\beta\dot K_{пер.ус}\dot U_{вх p_0}, \quad (1.4)$$

где $\dot K_{пер.\,ус}$ — коэффициент передачи усилительного тракта при $\dot U_{ос}=0$,

тогда $\dot U_{вх\Sigma}=\dot U_{вх p_0}\pm\dot U_{ос}=\dot U_{вх p_0}(1\pm\dot K_{пер\,.ус}\beta)$ и

$$\dot K_{пер.\,сист.\,ос}=\frac{\dot K_{пер.\,ус}}{1\pm\beta K_{пер.\,ус}}. \quad (1.5)$$

Знаменатель выражения (1.5) определяет степень обратной связи и ее фазовые характеристики. Знак плюс в знаменателе соответствует отрицательной обратной связи

$$\varphi_{U_{вх}}-\varphi_{U_{ос}}=(2n+1)\pi, \quad (1.6)$$

знак минус соответствует положительной обратной связи

$$\varphi_{U_{вх}}-\varphi_{U_{ос}}=2n\pi, \quad (1.7)$$

при которой возникает опасность возбуждения системы.

В этом случае условием устойчивости является выполнение неравенства

$$\dot\beta\dot K_{пер.\,ус}<1. \quad (1.8)$$

Рассмотрим некоторые особенности общего условия устойчивости усилительных систем с обратной связью применительно к системам дуплексной ГГС.

Принципиальным отличием электронной усилительной системы с обратной связью от системы дуплексной ГГС является наличие в цепи обратной связи дуплексной ГГС участков, на которых передаваемый сигнал преобразуется в звуковые волны (громкоговоритель — микрофон). Цепь обратной связи систем дуплексной ГГС состоит из участков с электронной и акустической проводимостью. Поскольку скорость распространения речевого сигнала в цепи обратной связи по воздуху между громкоговорителем и микрофоном абонентских аппаратов меньше, чем скорость распространения электромагнитной волны, выражение (1.5) справедливо лишь с учетом определенных условий, учитывающих время распространения речевого сигнала по цепи обратной связи и фазовые соотношения прямого сигнала и сигнала обратной связи.

Такими условиями, например, являются соотношения между временем воздействия на микрофон аппарата № 1 (рис. 1.15) первоначального импульса длительностью τ_{P_0} и временем распространения сигнала по кольцу обратной связи t_{oc} при совпадении фаз прямого и обратного сигналов.

При $\tau_{P_0} > t_{oc}$ и положительной обратной связи (1.7), устойчивость системы определяется общим выражением (1.8). Предельно допустимый случай $\beta\dot{K}_{пер.\,ус} = 1$ соответствует $\dot{U}_{oc} = \dot{U}_{вх P_0}$.

Следовательно, возникновение генерации системы дуплексной ГГС возможно, если выполняются следующие условия

$$\tau_{P_0} > t_{oc};\ \varphi_{U_{вх P_0}} - \varphi_{U_{oc}} = 2n\pi \text{ и } \dot{U}_{oc} = \dot{U}_{вх P_0}.$$

В случае когда $\tau_{P_0} < t_{oc}$, $\varphi_{U_{вх P_0}} - \varphi_{U_{oc}} = 2n\pi$ и $\dot{U}_{oc} = \dot{U}_{вх P_0}$, устойчивого возбуждения не произойдет, но будет прослушиваться затухающий эхо-сигнал. Такое явление наблюдается при избыточном усилении в тракте при воздействии кратковременного импульса звукового давления на микрофон (щелчок). Наличие эхо-сигнала свидетельствует о том, что система близка к возбуждению, которое может произойти, например, при излишнем форсировании речи передающим абонентом.

При этом $U_{вх P_1} \gg U_{вх P_0}$, тогда $U_{oc} > U_{вх P_0}$ и $\beta K_{пер.\,ус} > 1$.

Под $U_{вх P_0}$ понимается нормальный уровень входного сигнала, при котором вызванный им сигнал обратной связи не нарушает условия устойчивости $\beta K_{пер.\,ус} < 1$, т. е.

$$\frac{U_{oc}}{U_{вх P_0}} < 1. \tag{1.9}$$

Практически это означает, что система дуплексной ГГС, устойчиво функционирующая при нормальной громкости передачи, может кратковременно возбудиться при существенном форсировании голоса передающим абонентом.

Определим предельно допустимый средний уровень громкости приема ($P_{гр.\,пр}$) при заданном среднем уров-

не речи на передаче в точке размещения микрофона (P_0), при котором система дуплексной ГГС будет устойчиво функционировать. Очевидно, что условие (1.9) выполнимо лишь в том случае, если сумма усилений в замкнутой петле обратной связи меньше суммы затуханий в ней при соблюдении условия (1.7),

$$\sum_{1}^{n} K_i - \sum_{1}^{m} b_i < 0. \qquad (1.10)$$

При этом будем считать, что чувствительность микрофонов и отдача громкоговорителей учитываются в значении K_i, а направленность и шумостойкость микрофонов, коэффициент концентрации громкоговорителей, их взаимное расположение на рабочем месте абонентов и акустические характеристики помещений учитываются в значении затухания между микрофоном и громкоговорителем b_i.

В этом случае выражение (1.10) можно представить в виде

$$2K_{\text{пер}} - b_{2(\text{г}-\text{м})} + 2K_{\text{пр}} - b_{1(\text{г}-\text{м})} < 0, \qquad (1.11)$$

где $K_{\text{пер}}$ — коэффициент усиления передающего тракта;
$b_{2(\text{г}-\text{м})}$ — затухание между громкоговорителем и микрофоном абонентского аппарата № 2;
$b_{1(\text{г}-\text{м})}$ — затухание между громкоговорителем и микрофоном абонентского аппарата № 1;
$K_{\text{пр}}$ — коэффициент усиления приемного тракта системы ГГС.

Для симметричного тракта $b_{2(\text{г}-\text{м})} = b_{1(\text{г}-\text{м})}$, а $K_{\text{пер}} = K_{\text{пр}} = K_0$, тогда выражение (1.11) приобретает вид $2K_0 < b_{\text{г}-\text{м}}$.

Величина $b_{\text{г}-\text{м}}$ зависит от многих факторов. Способы определения величины $b_{\text{г}-\text{м}}$ приведены в [37]. Для случая оптимального расположения акустических осей микрофона и громкоговорителя на рабочем месте абонента при расстоянии абонента от микрофона порядка 0,5 м и микрофона от громкоговорителя порядка 1 м для громкоговорителя с диаметром диффузора $D = 20$ см и среднего коэффициента отражений в помещении $\alpha_{\text{ср}} = 0{,}2$ $b_{\text{г}-\text{м}} \approx 20$ дБ в диапазоне частот 300 Гц — 4000 Гц.

Расстояние между абонентом и настольным микрофоном по различным литературным данным для систем звукоусиления, применяемых в закрытых помещениях выбирается равным 0,4—0,5 м. Это объясняется тем, что для большинства помещений на расстоянии до 0,5 м от говорящего основную энергию по оси распространения звуковой волны составляет прямой луч. Для расстояний, превышающих 0,5 м, диффузная составляющая звука (сумма энергий отраженных звуковых волн в точке расположения микрофона) становится соизмеримой с энергией прямого луча, что снижает разборчивость передаваемой речи и существенно затрудняет расчет систем дуплексных ГГС. В этом случае $2K_{пер} \leqslant 20$ дБ.

Практически при удалении громкоговорителя от абонента на расстоянии 0,5—1 м $b_{г-аб} \approx 23$ дБ.

Средний уровень речи абонента в нормальных условиях работы составлят 100 дБ (при измерении на расстоянии 2 см от рта абонента).

При этом средний уровень речи в точке расположения микрофона (P_0), удаленного от абонента на расстояние 0,5 м, составляет $P_0 = P_{речи\ ср} - b_{м-аб} = 100 - 20 = 80$ дБ.

Уровень громкости сигнала у громкоговорителя будет равен $P_{пр} = P_0 + 2K_{пер} = 100$ дБ.

Уровень громкости сигнала в месте расположения абонента составит

$$P_{аб} \approx P_{пр} - b_{г-м} \approx 77 \text{ дБ}. \qquad (1.12)$$

С учетом коэффициента концентрации громкоговорителя и его направления на принимающего абонента полученный при расчете уровень громкости приема абонентом $P_{аб}$ должен быть выше на 6—8 дБ. Однако наличие неравномерности частотной характеристики отдачи громкоговорителя ($\Delta P_г \approx 10$ дБ в диапазоне частот 300—4000 Гц) не позволяет иметь $P_{аб} > 77$ дБ. Таким образом, при указанных выше условиях (оптимальное взаимное расположение микрофона и громкоговорителя $\alpha_{ср} = 0{,}2$; $b_{мэ} \to \infty$ и $P_0 = 80$ дБ) принципиально возможно создание дуплексных систем ГГС, но средний уровень принимаемого сигнала при этом получается ниже, чем средний уровень речи передающего абонента $P_{аб} \approx 77$ дБ и $P_0 = 80$ дБ.

Такая громкость является достаточной [37] для одного абонента, находящегося на рабочем месте при

уровне окружающих акустических шумов речевого спектра до 60 дБ.

В приведенном ориентировочном расчете допустимой громкости приема при выполнении условия устойчивости системы дуплексной ГГС не учтены фазовые соотношения в цепи обратной связи. Точного математического аппарата для выполнения таких расчетов в настоящее время не имеется, поскольку акустические характеристики помещений имеют существенный разброс. Однако при разработке систем дуплексной ГГС устойчивость проектируемой системы в целом, определяющие ее характеристики отдельных элементов с определенным учетом фазовых соотношений в цепи обратной связи могут быть уточнены с помощью критерия Найквиста [55]. Для этого достаточно определить модуль и аргумент $\beta\dot{K}_{\text{пер. ус}} = \dot{K}_{\text{уст}}$ для различных частот в рабочем диапазоне частот системы звукоусилителя по большому кольцу обратной связи. Аргументом является сумма (φ_{Σ}) угла сдвига фазы усилителя $(\varphi_{K_{\text{пер. ус}}})$ и угла сдвига фазы в цепи обратной связи (φ_{β}). По найденным зависимостям $\dot{K}_{\text{уст}} = F(\omega)$ и $\varphi_{K_{\text{уст.}\Sigma}} = F_1(\omega)$ строится годограф системы звукоусиления [1].

Если точка с координатами 1,0 лежит внутри годографа для диапазона частот от 0 до $\omega_{\text{макс}}$, то система является неустойчивой (рис. 1.17). Если точка с указанными координатами лежит вне фигуры годографа, система является устойчивой к самовозбуждению.

Практически подобные системы находят свое применение в случаях организации дуплексной ГГС между ограниченным числом привилегированных абонентов, расположенных в отдельных помещениях достаточно большого объема.

В помещениях принимаются меры для уменьшения отражений звука от внутренних поверхностей. Предельно допустимая громкость приема не позволяет проводить циркулярно-совещательные передачи или существенно перемещаться относительно рабочего места.

---

[1] Вектор $\beta K_{\text{уст}}$, определенный, например, для частоты ω_1, откладывается от начала координат системы $K_{\text{уст}}$ и β под углом $\varphi_{K_{\text{уст.}\Sigma}}, K_{\text{уст.}\omega 1}$ к горизонтальной оси. Концы векторов соединяют. При этом $\omega_{\text{макс}}$ определяет замыкание петли годографа.

Поэтому при проектировании дуплексных систем ГГС постоянно производится поиск технических решений, позволяющих при сохранении качества переговоров и удобства пользования повысить громкость приема или увеличить чувствительность тракта передачи, т. е. в конечном счете увеличить устойчивость системы к самовозбуждению. Существующие в настоящее время предложения по этому вопросу достаточно сложны в реализации и не нашли широкого практического применения.

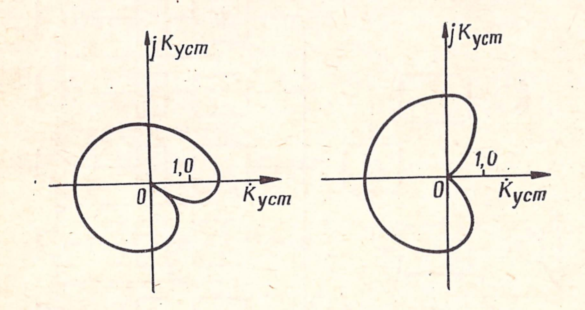


Рис. 1.17. Годографы векторов коэффициента устойчивости ($\dot{K}_{уст} = \dot{\beta}\dot{K}_{пер.ус}$) для различных систем звукоусиления с обратной связью

В большинстве случаев эксплуатации требуются устройства ГГС, способные работать в достаточно широко разветвленных сетях и при наличии акустических шумов с уровнем до 75—100 дБ. К таким системам ГГС предъявляются требования обеспечения не только абонентских переговоров, но и проведения совещательных и циркулярных передач с возможностью озвучивания помещений большого объема. Как было показано выше, устойчивость трактов дуплексной ГГС определяется в основном требуемой громкостью приема и соотношением затухания и усиления в цепи обратной связи.

Сумма затуханий, в свою очередь, определяется в основном шумостойкостью и направленностью электроакустических преобразователей и прежде всего микрофонов, так как направленность громкоговорителей малых размеров незначительна.

Практически легко осуществимы системы ГГС, в которых дуплексный режим с настольным микрофоном обеспечивается только на одном конце тракта, например для абонента центрального пульта, имеющего наибольшую нагрузку при ведении переговоров (рис. 1.18).

Периферийные абоненты в этом случае должны иметь ручные шумостойкие микрофоны (типа ДЭМШ-1А) при необходимости громкоговорящего приема или микротелефонные трубки.

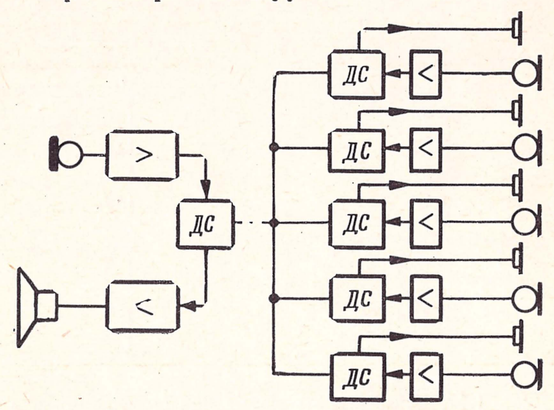


Рис. 1.18. Структурная схема сети ГГС с дуплексным режимом работы оператора центрального пульта

Очевидно, что при этом в выражении (1.11) значение $b_{г-м}$ возрастает на величину, равную величине шумостойкости микрофона или затуханию между микрофоном и телефоном микротелефонной трубки ($b_{м-т}$). Для случая использования микрофона ДЭМШ-1А $b_м \approx 6$—8 дБ на $f=1000$ Гц, а для микротелефонной трубки с микрофоном ДЭМШ-1А и телефонным капсюлем типа ДЭМК-6А (телефонный аппарат ТА-57) $b_{м-т} \approx 30$—35 дБ.

Соответственно на центральном пульте громкость приема может быть увеличена по сравнению с рассмотренным выше вариантом с настольными микрофонами. Из выражения (1.12) уровень громкости принимаемого сигнала в месте расположения оператора центрального пульта будет увеличен за счет затухания шумостойкости электроакустических преобразователей периферийных абонентов $P_{ц.\,аб} = P_{аб} + b_м$; $P_{ц.\,аб} = 77 + {}$ $+ 6 = 83$ дБ.

Однако в рассматриваемом случае периферийные абоненты при ответе вынуждены держать в руке микрофон или микротелефонную трубку, что снижает эксплуатационные удобства ГГС.

При необходимости осуществления переговоров с громкоговорящим приемом и одновременном осуществлении различных работ (настройка аппаратуры, осуществление коммутации и т. д.) в качестве электроакустических преобразователей могут быть использованы ларингофоны. При этом оператор может вести переговоры как с абонентами сети ГГС, так и непосредственно в помещении без использования аппаратуры звукоусиления. Он может производить работу, отвлекаясь при ведении связи только для включения и выключения ларингофонов в начале и конце переговоров. Шумостойкость электромагнитных ларингофонов для акустических шумов речевого спектра составляет величину $b_{\Sigma_{лар}} \approx 25$ дБ. Следовательно, допустимая громкость приема на рабочем месте абонентского пульта будет равна $P_{ц.\,аб} \approx 83+25=108$ дБ, а для рабочих мест, оборудованных ларингофонами на обоих концах тракта, $P_{ц.\,аб} = P_{аб} + 2b_{\Sigma\,лар} = 77 + 50 = 127$ дБ.

При этом возможно применение рупорных громкоговорителей мощностью до 10 Вт.

Устройства ГГС с управлением от голоса оператора

Недостатками рассмотренных выше систем дуплексной ГГС являются малая громкость приема и недостаточная устойчивость их в случае применения настольных микрофонов, обладающих незначительной шумостойкостью и направленностью, или недостаточные эксплуатационные удобства при использовании шумостойких электроакустических преобразователей.

Эти противоречия в определенной мере устраняются в устройствах ГГС с управлением от голоса абонента. Устройства этого класса [8,46] по своему принципу являются симплексными устройствами ГГС, в которых переключение из режима передачи в режим приема и наоборот осуществляется голосом абонента. В литературе описано большое количество вариантов схем таких уст-

ройств. Наибольшее распространение получили те из них, в которых управление состоянием тракта связи осуществляется в аппарате передающего абонента (схемы с управлением на ближнем конце тракта связи).

Поскольку затухание в цепи обратной связи в таких схемах может быть сделано практически сколь угодно большим, то громкость приема таких устройств может быть существенно выше, чем в чисто дуплексных трактах, описанных ранее. В этом заключается основное преимущество, но вместе с тем и один из основных недостатков устройств с управлением от голоса абонента. Увеличение затухания в приемной ветви и блокировка микрофона приемного аппарата для предотвращения акустической обратной связи практически исключают возможность перебоя абонента, ведущего передачу (встречного перебоя). Режим переговоров при использовании таких устройств остается симплексным. Ответ слушающего абонента возможен только в паузах речи передающего абонента. Ввиду того что для устойчивой работы таких трактов связи в помещениях с различными акустическими характеристиками время задержки на возвращение схемы в исходное состояние, исключающее возникновение эхо-сигналов за счет реверберационных свойств помещения, выбирается достаточно большим (180—250 мс), ответ возможен только в паузах речи, имеющих длительность 300—500 мс. В слитной речи такие длительные паузы отсутствуют. Поэтому возможность ответа определяется режимом передачи. Это затрудняет использование таких устройств особенно при необходимости ведения оперативных переговоров.

В общем виде подавляющее большинство таких устройств имеют элементы, показанные на общей структурной схеме рис. 1.19.

Абонентские аппараты такого типа имеют два тракта: линейный тракт (усилители передачи и приема и выходные электронные ключи) для передачи и приема речевых сигналов и тракт управления состоянием схемы аппарата (усилители, схемы управления электронными ключами, цепи взаимной блокировки). Часть узлов могут быть общими. Например, линейный усилитель может быть совмещен с усилителем тракта управления.

В общем случае работоспособность таких устройств характеризуется следующими параметрами:

— значением частотного порога срабатывания схемы управления ключами передачи (приема) относительно среднего уровня речи в точке расположения микрофона;

— частотной характеристикой срабатывания тракта управления;

— степенью блокировки тракта передачи (приема);

— временем срабатывания тракта и временем задержки на возвращение схемы в исходное состояние;

— шумостойкостью и линейной помехозащищенностью.

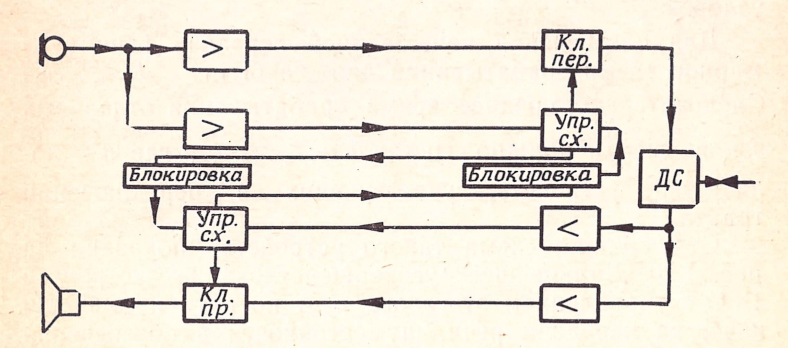


Рис. 1.19. Структурная схема типового устройства ГГС с управлением от голоса абонента

Наиболее устойчивым к самовозбуждению является такой вариант построения схемы, при котором в режиме молчания или в паузах речи передающего абонента закрыты ключи как передающего, так и приемного тракта. Тракт управления имеет следующий порядок работы. При воздействии звукового давления на микрофон устройства (начало передачи) сначала блокируется приемный усилитель ближнего конца тракта связи ($b_{мэ1} \to \infty$) затем блокируется тракт передачи аппарата слушающего абонента ($b_{мэ2} \to \infty$) и только после этого открывается его тракт приема. В этом случае в течение времени перехода тракта связи из режима молчания в режим передачи не возникает таких моментов времени, в течение которых существует обратная акустическая связь на ближнем или дальнем конце тракта, т. е. цепь обратной связи всегда разорвана.

В устройствах, построенных по такому принципу, допускается произвольное взаимное расположение микро-

фона и громкоговорителя, а громкость приема ограничивается схемными решениями построения электронных ключей. Практически при использовании настольных микрофонов типа МД средняя мощность речевого сигнала, подводимого к громкоговорителю, может быть равна 1 Вт, а микрофон может располагаться на расстоянии нескольких сантиметров от него. Сложность практического осуществления таких схемных решений заключается в необходимости обеспечения высокой скорости срабатывания блокирующих и управляющих узлов.

Для обеспечения качественной передачи речи суммарное время срабатывания должно быть $t_\Sigma \leqslant 5$ мс. Следовательно, среднее время срабатывания отдельных узлов схемы должно составлять: $t_{ср} \approx \frac{t_\Sigma}{n}$, где n — количество устройств, участвующих в переключении тракта.

Структурная схема такого устройства показана на рис. 1.20. Дальнейшее усовершенствование устройств ГГС с управлением от голоса идет по пути повышения качества передачи речи, шумостойкости и обеспечения встречного перебоя для повышения эксплуатационных удобств при ведении связи [36].

Ниже приводится описание устройства, в котором обеспечивается осуществление встречного перебоя при ведении переговоров.

Структурная схема устройства показана на рис. 1.21. Устройство построено по принципу управления на ближнем конце тракта связи и может использоваться как в качестве приставки к телефонному аппарату, так и в качестве абонентского аппарата в автономной сети ГГС. При этом допускается параллельное соединение до 4 аппаратов.

Для обеспечения встречного перебоя в произвольный момент времени применено стробирование сигнала передачи. При этом через каждые 30 мс с момента начала передачи выходной электронный ключ тракта передачи переключает схему в режим приема на 3 мс. В это время происходит как бы прослушивание линии абонента. Если в этот момент от абонента поступает сигнал перебоя, то он будет с определенными искажениями услышан передающим абонентом. При указанном режиме

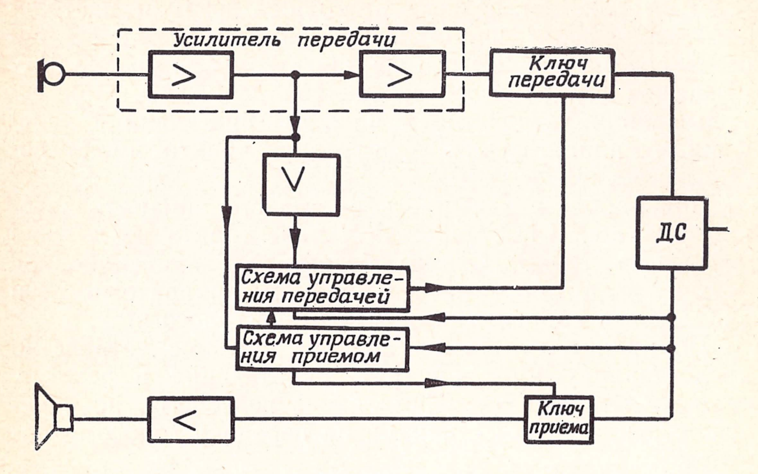


Рис. 1.20. Структурная схема устройства ГГС с управлением от голоса абонента с закрытыми трактами приема и передачи в режиме молчания

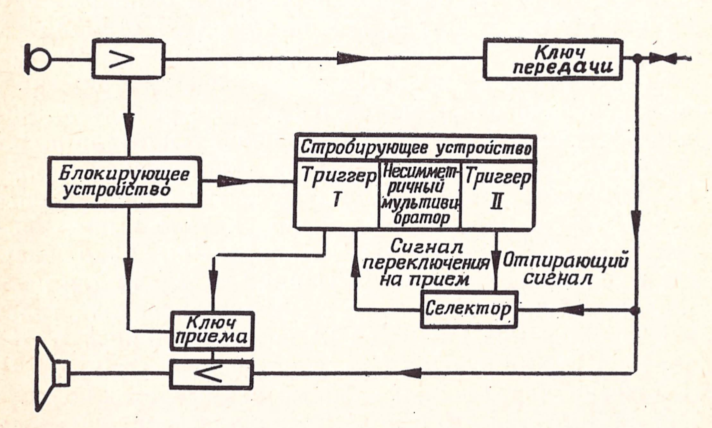


Рис. 1.21. Структурная схема устройства дуплексной ГГС со встречным перебоем (стробированием передачи)

работы устройство обеспечивает слоговую разборчивость не менее 55% (разборчивость слов $W=92\%$).

В дуплексном режиме при использовании настольного микрофона типа МД обеспечивается ведение переговоров с указанным выше качеством при уровне акустических шумов речевого спектра до 75 дБ. При использовании устройства в качестве приставки к телефонному аппарату общее затухание тракта может достигать величины 18 дБ.

При работе в качестве абонентского аппарата автономных сетей ГГС общее затухание тракта не должно превышать 10 дБ. Схема обеспечивает дистанционное включение питания на вызываемом аппарате в сети ГГС. Вызов абонента осуществляется голосом.

По принципу действия рассматриваемое устройство представляет собой аппарат, работающий в режиме, аналогичном режиму «Симплекс с перебоем», но с переключением схемы с приема на передачу голосом абонента.

В исходном положении после включения питания устройства ключ передачи закрыт, а ключ приема открыт. При ведении передачи сигнал с микрофона поступает после усиления на ключ передачи и одновременно через блокирующее устройство на триггер I стробирующего устройства. Триггер I срабатывает, в результате чего на ключ приема подается запирающее напряжение, а ключ передачи открывается и сигнал с усилителя передачи поступает в линию. Блокировкой усилителя приема на время передачи исключается акустическая завязка по ближнему кольцу. Для обеспечения приема сигнала встречного перебоя, как было указано выше, применено стробирование сигнала передачи, заключающееся в кратковременном прерывании передачи для прослушивания линии. Для этого с момента перехода триггера I в положение ПЕРЕДАЧА несимметричный мультивибратор стробирующего устройства через триггер II периодически через каждые 30 мс закрывает ключ передачи на 3 мс, так что с момента начала передачи через каждые 30 мс схема переключается на 3 мс в режим приема и на громкоговоритель поступают сигналы с линии. Одновременно с триггера II на селектор подается отпирающий импульс и при наличии в линии сигнала от перебивающего абонента триггер I переключается селектором в положение приема, на ключ приема подает-

ся отпирающее напряжение, а ключ передачи закрывается. Сигнал перебоя прослушивается в громкоговорителе.

Для предотвращения переключения устройства на передачу за счет акустической связи между громкоговорителем и микрофоном во время стробирования с усилителя приема на блокирующее устройство подается запирающий сигнал, величина которого пропорциональна величине принимаемого сигнала (громкости приема). Если абонент считает необходимым продолжать передачу в момент появления сигнала перебоя, он должен форсировать уровень своей речи, для того чтобы сигнал с усилителя передачи превысил сигнал блокировки передачи. В результате обеспечивается режим переговоров, не отличающийся от естественного общения.

При использовании в устройствах дуплексной ГГС настольных микрофонов, обеспечивающих свободу рук абоненту во время переговоров, но имеющих незначительную шумостойкость, защита тракта передачи от мешающего действия шума и речевых сигналов от соседних абонентов, находящихся в том же помещении, возможна только в результате правильного выбора частотной характеристики срабатывания тракта управления.

В литературе, в которой анализируется работа устройств ГГС [22 и др.] с управлением от голоса абонента, в качестве оптимальной рекомендуется частотная характеристика срабатывания (ЧХС) тракта управления, имеющая равномерный подъем к высоким частотам порядка 6 дБ/окт для выравнивания речевого спектра и обеспечения необходимого качества передаваемой речи. Такой вывод является правильным с точки зрения обеспечения срабатывания тракта управления от всех звуков речи, которыми начинаются слова, но такая ЧХС не является оптимальной при работе в условиях акустических шумов и особенно речевых помех, создаваемых соседними разговаривающими абонентами, находящимися в том же помещении.

Средний уровень акустических шумов, типичных для рабочих помещений [3], определяется энергией его составляющих в диапазоне от 100 до 300—400 Гц. Легко определить, что исключение в тракте управления области частот 100—400 Гц будет эквивалентно существенному повышению шумостойкости устройства.

Анализ энергетических соотношений между звуками речи [37] показывает, что средний уровень речи определяется уровнем гласных звуков (мощность гласных звуков на 1—2 порядка выше мощности согласных звуков). Практически средний уровень слитной речи отличается от уровня входящих в нее гласных звуков не более чем на 2—3 дБ.

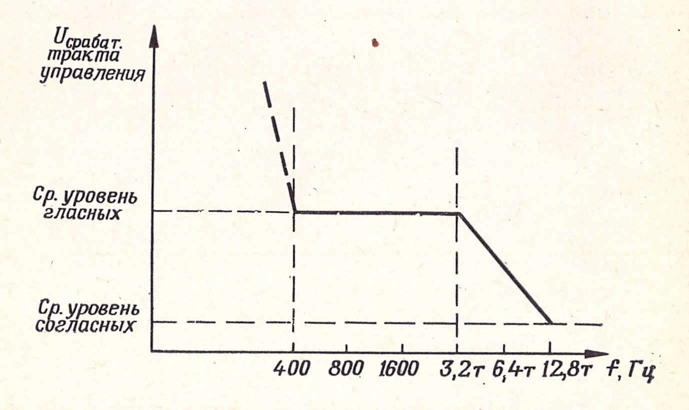


Рис. 1.22. Оптимальная ЧХС для трактов управления устройств ГГС с управлением от голоса абонента

Уровень же звуков, имеющих высокочастотный энергетический спектр до 10—12 кГц (шипящие и взрывные согласные), ниже среднего уровня гласных на 23—30 дБ. Спектр наиболее громких гласных звуков занимает полосу частот примерно от 500 до 2400 Гц [41].

Следовательно, ЧХС, имеющая равномерный подъем к высоким частотам, очевидно, приводит к избыточному усилению гласных звуков, что, не улучшая качества передаваемой речи, приводит к существенному снижению шумозащищенности устройства от речевых помех. Исходя из изложенного ЧХС должна обеспечивать дискриминацию спектра до частот 300—400 Гц и существенное увеличение чувствительности в области спектра шипящих звуков (порядка 15 дБ/окт в диапазоне 3000—12 000 Гц).

Примерный характер оптимальной ЧХС для тракта управления устройств ГГС с управлением от голоса абонента показан на рис. 1.22.

В первой главе рассмотрены некоторые требования к устройствам служебно-диспетчерской связи и принципы построения этих устройств с учетом перспективы их развития. Далее рассмотрим вопросы реализации избирательного вызова в устройствах СДС.

ГЛАВА 2

ИЗБИРАТЕЛЬНЫЙ ВЫЗОВ В СЛУЖЕБНО-ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СВЯЗИ

2.1. Назначение избирательного вызова в СДС и способы его реализации

Применение избирательного вызова позволяет существенно улучшить эксплуатационные характеристики устройств служебно-диспетчерской связи при работе как по радио, так и по проводным линиям связи.

Как известно, одним из наиболее распространенных и экономичных способов обеспечения служебной радиосвязи является работа радиостанций СДС на одной частоте.

Вызов требуемого корреспондента при отсутствии специальных устройств осуществляется голосом. В этом случае для приема вызова у каждой радиостанции должен постоянно дежурить оператор, вынужденный прослушивать по радио все переговоры, в том числе и не имеющие к нему прямого отношения.

Прослушивание посторонних переговоров и шумов радиостанции в режиме дежурного приема приводит к утомлению оператора, снижению его работоспособности.

От упомянутых недостатков можно избавиться, используя устройства с избирательным вызовом корреспондентов. В таких устройствах вызов поступает только к тому корреспонденту, с которым необходимо установить связь.

В режиме ожидания вызова выход радиостанции отключен от телефонов и подключен к входу устройства

избирательного вызова, что избавляет оператора от прослушивания посторонних переговоров и шумов.

При поступлении вызова срабатывает звуковая и световая сигнализация. По окончании состоявшегося радиообмена приемник снова становится в режим приема следующего вызова.

Таким образом, при наличии устройств избирательного вызова оператор освобождается от необходимости постоянного дежурства у радиостанции, а пользование радиосвязью осуществляется в условиях близких к тем, которые имеют место при работе с телефонного аппарата.

Избирательный вызов по радио можно осуществить на радиочастотах. Сущность избирательного вызова на радиочастотах заключается в том, что каждой радиостанции выделяют свою частоту (либо две частоты при дуплексной работе).

Корреспондент для переговоров с другим корреспондентом должен перестроить свою радиостанцию на частоту (частоты) этого корреспондента.

Процесс перестройки дуплескных радиостанций при установлении постоянного разноса между частотами приема и передачи может быть автоматизирован и составлять одну операцию.

Вызов корреспондента может при этом осуществляться либо голосом, либо с помощью сигнальных устройств, автоматически срабатывающих с появлением несущей и отключаемых при снятии микротелефонной трубки с рычага, либо с помощью сигналов тональной частоты.

Существенным недостатком этого способа является потребность в значительном количестве радиочастот при низком коэффициенте их использования.

Учитывая сравнительно небольшой объем информации, передаваемой по каналам служебно-диспетчерской радиосвязи, наиболее приемлемой необходимо считать работу корреспондентов (групп корреспондентов) на одной частоте с обеспечением их избирательного вызова.

При работе по проводным линиям связи устройства избирательного вызова обеспечивают возможность сокращения числа этих линий связи на основе повышения эффективности их использования при автоматическом избирательном установлении соединений (рис. 1.9).

Кодирование сигналов вызова может быть выполнено либо по амплитуде, либо по частоте, либо по количеству и порядку следования тонально-модулированных импульсов или их комбинаций.

2.2. Устройства избирательного вызова на основе частотного кодирования

При частотном кодировании на каждую управляемую радиостанцию передают тональный сигнал одного тона или сочетание нескольких тонов [53].

При вызове на одной звуковой частоте число избирательных сигналов вызова равно числу частот, которые могут быть размещены в полосе пропускания низкочастотного тракта радиоприемного устройства.

Однотональный вызов неудобен для связи с большим числом корреспондентов. Для его осуществления необходим многочастотный высокостабильный тональный генератор в каждом абонентском устройстве.

При многотональном вызове тональные сигналы могут быть переданы одновременно (такая система называется полнокодовой) либо следовать один за другим (частично-кодовая система).

В полнокодовой системе общее количество вызывных комбинаций равно числу сочетаний из общего количества частот (n) по заданному количеству их в каждом сочетании (m)

$$C_n^m = \frac{n!}{(n-m)!\,m!}.$$

Например, при $n=7$ и $m=4$, $C_n^m = 35$.

В полнокодовой системе надежность вызова выше, так как тональные сигналы посылаются одновременно и непрерывно в течение сравнительно продолжительного отрезка времени.

Так как вызывной сигнал сравнительно продолжителен, то полоса пропускания фильтров может быть выбрана достаточно узкой. Отсюда следует более высокая помехозащищенность и шумостойкость полнокодовой системы вызова.

В такой системе тональные комбинации избирательного вызова могут пройти даже на расстояниях, несколько превышающих дальность действия радиостанции в телефонном режиме.

Это позволяет в некоторых случаях использовать устройства избирательного вызова также для передачи небольших кодированных сообщений и команд.

В частично-кодовой системе число вызывных комбинаций равно числу размещений

$$A_n^m = n(n-1)(n-2)\ldots(n-m+1).$$

При тех же исходных данных ($n=7$, $m=4$) $A_n^m=840$.

В полнокодовой системе фильтры приемника включены параллельно (рис. 2.1). Их выходы включены на вход схемы совпадения.

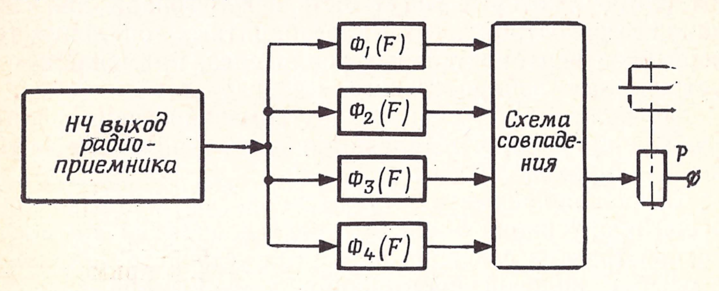


Рис. 2.1. Схема соединения фильтров приемника в полнокодовой системе избирательного вызова

Оконечное исполнительное сигнальное устройство срабатывает лишь тогда, когда на вход схемы совпадения поступит напряжение от всех фильтров.

В частично-кодовой системе фильтры приемника включены последовательно (рис. 2.2).

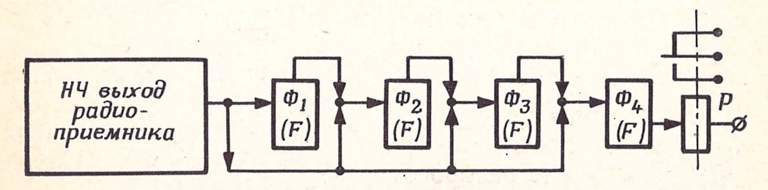


Рис. 2.2. Схема соединения фильтров приемника в частично-кодовой системе избирательного вызова

Когда тональные сигналы принимаются в правильной последовательности, тогда предыдущие фильтры открывают входы последующих и срабатывает оконечное устройство.

Для систем небольшой емкости более предпочтительной является полнокодовая система, позволяющая упростить схемные решения устройств вызова и обеспечивающая большее удобство эксплуатации.

Для повышения помехозащищенности устройства и увеличения количества вызывных частот, размещаемых в полосе стандартного телефонного канала, необходимы резонансные устройства высокой селективности и стабильные многочастотные генераторы.

Хорошими электрическими и эксплуатационными характеристиками обладают электромеханические фильтры (ЭМФ), которые могут быть использованы для создания высокостабильных малогабаритных тональных генераторов и избирательных усилителей, применяемых в устройствах избирательного вызова.

По полосе пропускания электромеханические фильтры, как правило, изготовляются двух типов: широкополосные и узкополосные.

Широкополосные электромеханические фильтры с полосой пропускания 9—12 Гц предназначаются для построения трактов селекции приемных устройств, а узкополосные с полосой пропускания 2—4 Гц применяются преимущественно в схемах генераторов.

Электромеханические фильтры в большинстве своем характеризуются примерно следующими параметрами:

— полоса пропускания на уровне 0,7 $U_{макс}$—2— 4Гц для узкополосных и 9—12 Гц для широкополосных фильтров;

— неравномерность в полосе пропускания широкополосных фильтров — не более 3 дБ;

— входное сопротивление изменяется линейно в пределах от 8,5 кОм на частоте 800 Гц до 18,5 кОм на частоте 22 кГц (с разбросом не более 15%);

— выходное сопротивление изменяется линейно в пределах от 5,5 кОм на частоте 800 Гц до 12 кОм на частоте 22 кГц (с разбросом не более 15%);

— фазовый сдвиг на резонансной частоте для узкополосных фильтров не превышает 20°;

— ТКЧ не хуже 10^{-5} в интервале температур от —65 до +85° С;

— затухание в полосе пропускания в режиме холостого хода — 14,5 дБ;

— ослабление по напряжению для широкополосных

фильтров при расстройке на 35 Гц от резонансной частоты — не менее 45 дБ.

Электромеханические фильтры сохраняют работоспособность при эксплуатации устройств избирательного вызова в широком диапазоне климатических и механических воздействий.

Электромеханические фильтры позволяют строить схемы генераторов и избирательных усилителей с применением полупроводниковых приборов.

Характеристики узкополосного электромеханического фильтра, применяемого в схемах генераторов вызывных частот, и широкополосного, используемого в схемах тональных селекторов, представлены на рис. 2.3 и 2.4 соответственно.

На рис. 2.5. и 2.6 приведены практические схемы генератора и избирательного усилителя с применением ЭМФ.

Тональный генератор на базе ЭМФ собран по трансформаторной схеме на транзисторах с усилителем в цепи положительной обратной связи.

Режим триодов по постоянному току устанавливается с помощью делителя напряжения на резисторах *R2*, *R3* и *R7*, *R8* и резисторов в цепях эмиттеров *R6* и *R9*.

Величина положительной обратной связи регулируется подбором резистора *R1*.

С целью улучшения формы кривой выходного напряжения в цепь эмиттера задающего генератора включен резистор *R5*.

Для подавления паразитных колебаний на гармониках основной частоты вход ЭМФ зашунтирован конденсатором *C1=0,1* мкФ.

Конденсаторы *C2*, *C3*, *C4* являются разделительными, а конденсатор *C5*, включенный параллельно резистору *R9* в цепи эмиттера второго триода, служит для повышения усиления второго каскада по переменному току.

Выходное напряжение снимается с резистора *R6*, включенного в цепь эмиттера первого триода.

Приемник тонального сигнала на базе ЭМФ (рис. 2.6) представляет собой двухкаскадный избирательный усилитель на транзисторах *T1*, *T2*, собранный по реостатной схеме, на входе которого включен электромеханический фильтр.

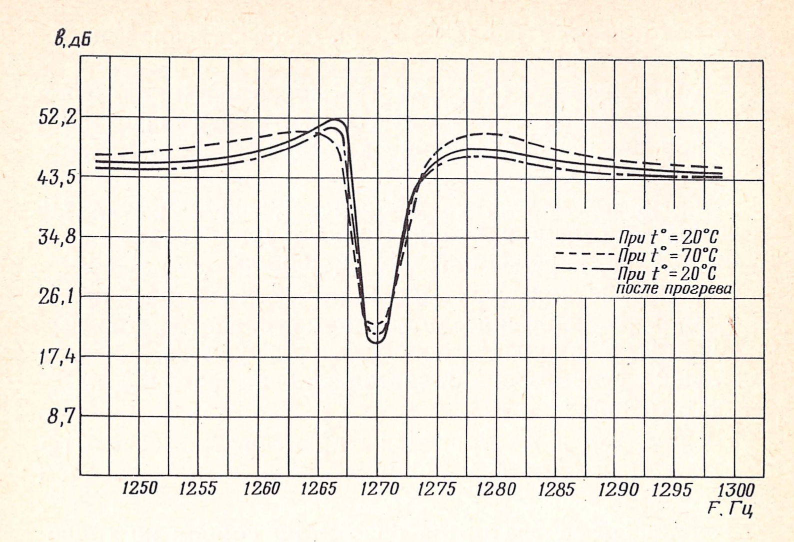


Рис. 2.3. График затухания узкополосного электромеханического фильтра

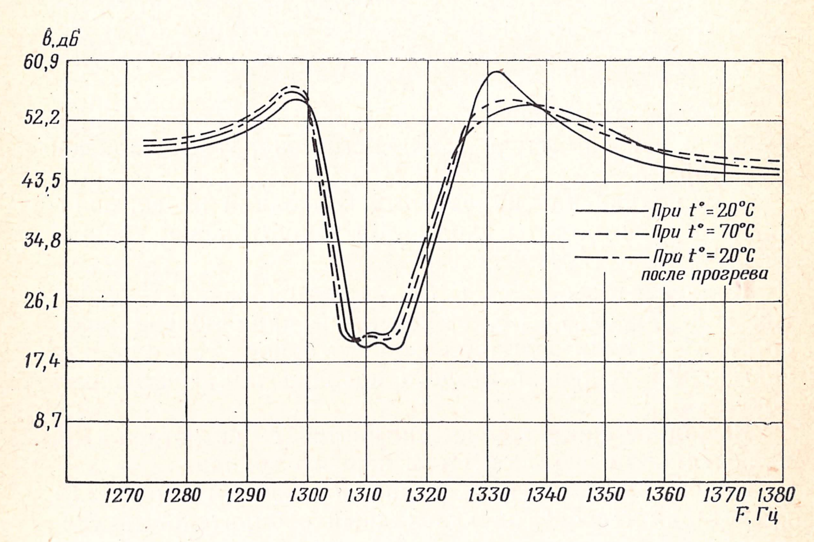


Рис. 2.4. График затухания широкополосного электромеханического фильтра

Режим триодов усилителя по постоянному току определяется делителями напряжений *R1*, *R2* и *R5*, *R6* и резисторами *R4* и *R8* в цепях эмиттеров, зашунтированными для повышения усиления по переменному току конденсаторами *C3* и *C5*. Конденсаторы *C1*, *C2*, *C3* являются разделительными.

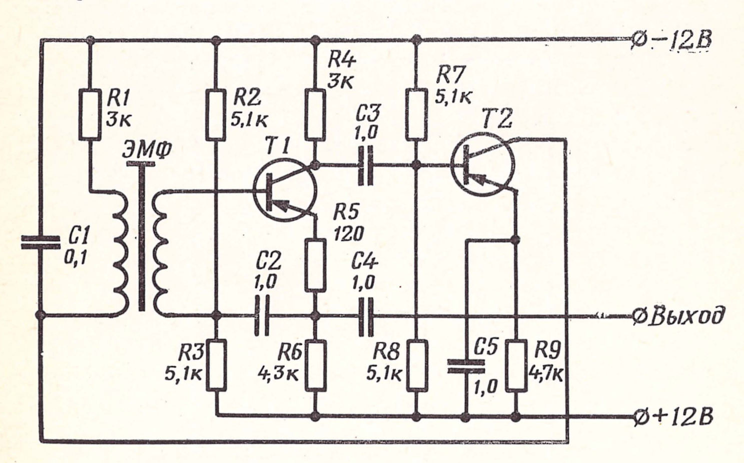


Рис. 2.5. Принципиальная электрическая схема генератора на базе ЭМФ

На выходе усилителя включен однополупериодный выпрямитель на диодах *Д1*, *Д2* со сглаживающим конденсатором *C6*. Выпрямленное напряжение подается на вход усилителя постоянного тока ключевой схемы на транзисторах *T3* и *T4*. В коллекторную цепь транзистора *T4* включено исполнительное реле *P*.

Для исключения ложных срабатываний от собственных шумов радиоприемника и помех на эмиттер транзистора подано подзапирающее напряжение с делителя, образованного резистором *R13* и сопротивлением диода *Д3*.

В исходном состоянии транзистор *T3* открыт начальным смещением, подаваемым с делителя, образованного резистором *R9* и резистором *R10* с параллельно ему включенными диодами выпрямителя *Д1*, *Д2*.

Напряжение на коллекторе открытого транзистора *T3* мало, так как почти все напряжение источника падает на резисторе *R11* в цепи его коллектора, и не пре-

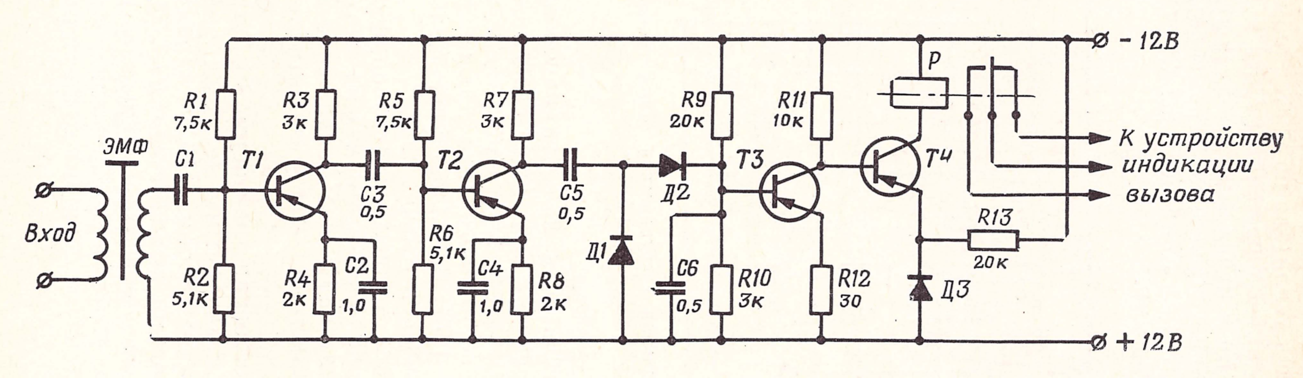


Рис. 2.6. Принципиальная электрическая схема приемника тонального сигнала на базе ЭМФ

вышает запирающего напряжения на эмиттере транзистора *Т4*. В результате транзистор *Т4* заперт, и ток через обмотку реле не протекает.

При поступлении тонального сигнала, на частоту которого настроен электромеханический фильтр, на выходе выпрямителя появляется постоянное напряжение положительной полярности, прилагаемое к базе транзистора *Т3*. Так как оно превышает напряжение, подаваемое на базу с делителя, то транзистор *Т3* закрывается.

Напряжение на коллекторе транзистора *Т3*, приложенное к базе транзистора *Т4*, возрастает, транзистор *Т4* открывается. Ток в коллекторной цепи транзистора *Т4* возрастает, исполнительное реле *Р* срабатывает. Вызов принят.

Высокие селективные свойства ЭМФ позволяют построить на их базе надежные в работе помехоустойчивые устройства избирательного вызова.

Если представить выходной тракт приемника радиостанции в виде идеального фильтра низкой частоты $\left(K_{j\omega} = K_0\right)$, то интенсивность флюктуационных шумов на выходе усилителя низкой частоты этого приемника может быть определена по формуле [9]

$$\overline{U}^2_{ш1} = K_0^2 \int\limits_0^{\Omega_н} F_д(\omega)\, d\omega,$$

где K_0 — коэффициент усиления УНЧ приемника;
$F_д(\omega)$ — спектральная плотность шума на выходе детектора;
$\Omega_н$ — предельная угловая частота среза фильтра НЧ.

Если допустить, что в пределах от нуля до $\Omega_н$ спектральная плотность шума не изменяется, то

$$\overline{U}^2_{ш1} = K_0^2 F_д(0)\, \Omega_н.$$

Интенсивность флюктуационных шумов после фильтра, подключенного к выходу УНЧ приемника радиостанции, будет равна

$$\overline{U}^2_{ш2} = K_0^2 K_1^2 F_д(0)\, 2\pi \Delta F,$$

где K_1 — коэффициент передачи фильтра в полосе пропускания;
ΔF — полоса пропускания фильтра.

Отношение уровня шума на выходе приемника к уровню шума на выходе фильтра составит

$$\frac{P_{ш1}}{P_{ш2}}=\frac{\overline{U}^2_{ш1}}{\overline{U}^2_{ш2}}=\frac{K_0^2F_д(0)\,2\pi F_н}{K_0^2F_д(0)K_1^2\,2\pi\Delta F_н}=\frac{F_н}{K_1^2\Delta F}.$$

При $F_н=3400$ Гц; $K_1=0{,}9$; $\Delta F=11$ Гц $\frac{\overline{U}^2_{ш1}}{\overline{U}^2_{ш2}}=$ $=382$ раза.

Таким образом, интенсивность флюктуационных шумов на выходе фильтра в 382 раза меньше, чем на выходе УНЧ приемника радиостанции.

Как известно из курса радиотехники

$$\frac{(U_{с1}+U_{ш1})/U_{ш1}\ (\text{на выходе приемника})}{(U_{с2}+U_{ш2})/U_{ш2}\ (\text{на выходе фильтра})}=\sqrt{\frac{F}{\Delta F}}.$$

Из этого выражения следует, что соотношение сигнал-шум на выходе фильтра будет примерно в 17,5 раза больше, чем на выходе приемника радиостанции.

В обычно используемых на практике простых одноконтурных резонансных фильтрах на элементах LC полоса пропускания составляет около 100 Гц.

Из этого следует, что применение электромеханических фильтров может дать выигрыш в соотношении сигнал-шум по сравнению с обычными фильтрами на LC элементах более чем в 3 раза.

Рассмотрим практическую схему устройства избирательного вызова, построенную с использованием принципа полнокодового формирования тональных вызывных комбинаций (рис. 2.7).

Для получения, например, двадцати комбинаций избирательного вызова и сигнала циркуляра (всего двадцать одна комбинация) достаточно иметь набор из 7 тональных частот, из которых может быть составлено требуемое количество вызывных комбинаций, простейшими из которых будут двухчастотные комбинации $C_7^2=\frac{7!}{2!\,(7-2)!}=21$.

В состав каждого абонентского устройства избирательного вызова входят семь тональных генераторов и четыре фильтра, обеспечивающие прием закрепленных за данным корреспондентом вызывной комбинации и сигнала циркуляра.

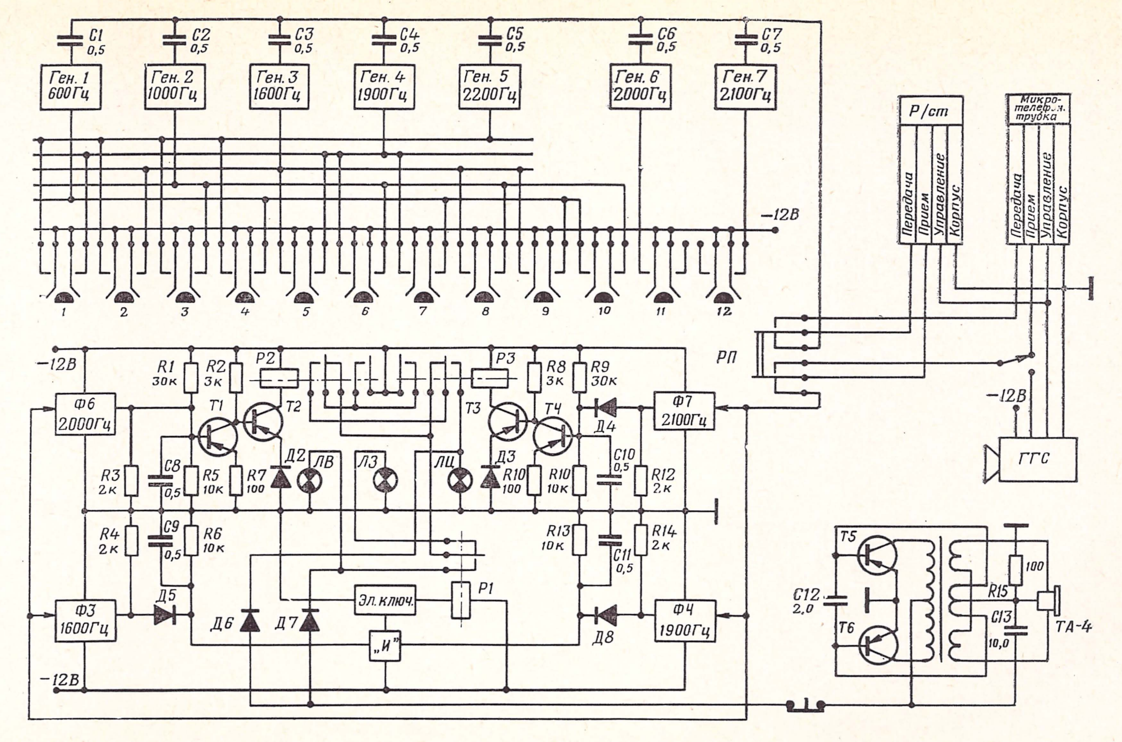


Рис. 2.7. Функциональная схема полнокодового тонального устройства избирательного вызова

В рассматриваемом устройстве для работы использованы тональные частоты 800, 1000, 1600, 1900, 2000, 2100 и 2200 Гц.

Фильтры, настроенные на прием частот 2100 и 2200 Гц, входят в состав всех корреспондентских устройств, а два других закрепляются за данным номером корреспондента.

В целях улучшения условий эксплуатации устройства и уменьшения числа вызывных кнопок все корреспонденты разбиты на две номерные подгруппы.

Одна из них включает номера с первого по десятый, а вторая — с одиннадцатого по двадцатый.

Набор требуемого номера производится одновременным нажатием двух кнопок: кнопки номера подгруппы (условно десятков) и кнопки номера корреспондента в соответствующей подгруппе.

В первой подгруппе устройств (№ с 1 по 10) фильтр *Ф6* нагружен на реле *Р2*, а фильтр *Ф7* — на реле *Р3*, а во второй подгруппе (№ с 11 по 20), наоборот, фильтр *Ф7* нагружен на реле *Р2*, а фильтр *Ф6* — на реле *Р3*.

Это позволяет для передачи вызова 20 абонентам и сигнала циркуляра обойтись всего двенадцатью вызывными кнопками.

Кроме перечисленных элементов устройство включает схемы совпадения, элементы коммутации, громкоговорящего приема, а также световой и звуковой сигнализации поступления вызова.

Работа устройства осуществляется следующим образом. Предположим, одному из корреспондентов необходимо вызвать пятого корреспондента. Пятый корреспондент относится к первой подгруппе (к первому десятку), поэтому должна быть нажата кнопка первого десятка — одиннадцатая, включающая шестой генератор (2000 Гц).

В приемниках всех корреспондентов сети фильтры *Ф6* выделят частоту этого генератора и приведут в действие исполнительное реле (у корреспондентов первого десятка — реле *Р2*, а у корреспондентов второго десятка — реле *Р3*). Реле сработает и через свои контакты и нормально замкнутые контакты реле *Р1* схемы совпадения подаст питание на лампу сигнализации занятости радиосети. Этот сигнал предупреждает всех корреспондентов о том, что радиоканал занят посылкой вызова одному из них, и посылать в это время вызов другому корреспонденту воспрещается.

Затем вызывающий корреспондент нажимает на своем абонентском устройстве пятую кнопку (номер корреспондента в подгруппе). Через контакты этой кнопки приводятся в действие сразу два тональных генератора, в данном случае третий (1600 Гц) и четвертый (1900 Гц).

Фильтры *Ф3* и *Ф4* приемника вызываемого корреспондента выделят сигналы частот 1600 и 1900 Гц и после выпрямления подадут их в виде постоянных напряжений на вход схемы совпадения.

Исполнительное реле *Р1*, включенное на выходе схемы совпадения, сработает и через свои контакты и контакты сработавшего реле *Р2* подаст питание на лампу вызова и тональный генератор сигнализации вызова. При необходимости тональный сигнал вызова может быть отключен нажатием специальной кнопки.

Вызов будет принят устройством только пятого корреспондента, в котором находятся оба фильтра *Ф3* и *Ф4*.

У других корреспондентов элементы сигнализации не сработают, так как в составе их вызывных комбинаций может содержаться только одна из частот, закрепленных за пятым корреспондентом, выпрямленного напряжения которой недостаточно для приведения в действие исполнительного реле их схемы совпадения.

Все частоты вызывного кода корреспондента передаются одновременно. Пока идет вызов, на всех устройствах избирательного вызова корреспондентов, кроме посылающего вызов, горят лампочки «Занято». В промежутках между посылками вызова занятость радиоканала СДС определяется прослушиванием.

Для посылки сигнала циркулярного вызова необходимо одновременно нажать кнопки *11* и *12*, включающие шестой и седьмой генераторы.

Как уже упоминалось выше, фильтры *Ф6* и *Ф7* являются составной частью всех устройств сети, поэтому сигнал циркулярного вызова будет принят всеми корреспондентами. Реле *Р2* и *Р3* в их устройствах срабатывают, обеспечивая световую и звуковую сигнализацию, — загорается лампочка «Циркуляр» и слышен тональный сигнал вызова.

Получив вызов, корреспондент снимает трубку с рычажного переключателя устройства и ведет переговоры по радио обычным порядком.

Окончив переговоры необходимо возвратить трубку на рычажный переключатель, в результате чего схема

устройства возвратится в исходное состояние и снова готова к приему очередного вызова.

Одним из устройств, улучшающих условия работы операторов по радиоканалу служебно-диспетчерской связи, является устройство, использующее принцип посылки тонального сигнала общего вызова с последующим вызовом требуемого корреспондента голосом.

В состав данного устройства входят следующие основные элементы (рис. 2.8): генератор тонального вы-

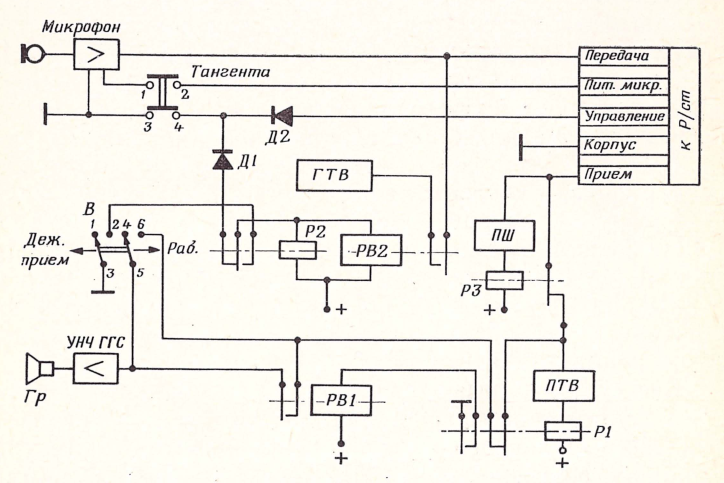


Рис. 2.8. Функциональная схема устройства тонального вызова по радио

зова ГТВ, приемник тонального вызова ПТВ, реле времени приема *РВ1*, реле времени передачи *РВ2*, реле приема *Р1*, реле передачи *Р2*, переключатель *В*, усилитель громкоговорящего приема УНЧ ГГС, громкоговоритель Гр, подавитель шумов ПШ, реле подавителя шумов *Р3*.

Устройство работает следующим образом.

В режиме дежурного приема вход усилителя громкоговорящего приема через контакты переключателя *В4* и исполнительного реле *Р3* подавителя шумов отключен от выхода радиостанции.

Благодаря этому оператор избавлен от утомляющего воздействия шумов на выходе приемника радиостанции и от прослушивания не относящихся к нему переговоров.

Для вызова корреспондента необходимо переключа-

тель *В* перевести в положение РАБОТА и нажать тангенту гарнитуры, переводя радиостанцию в режим передачи.

Через контакты *3*, *4* тангенты будет подано питание на реле *Р2* и реле времени *РВ2*.

Реле времени *РВ2* также сработает, подключая кратковременно выход ГТВ к радиостанции на время 100 мс. В канал будет подан тональный сигнал общего вызова.

Реле *Р2* устройства будет находиться в заблокированном состоянии до перевода переключателя *В* в положение ДЕЖУРНЫЙ ПРИЕМ, не мешая в дальнейшем ведению переговоров по радио.

С появлением в радиосети несущей частоты выходы абонентских радиостанций подключаются контактами реле *Р3* подавителя шумов ко входу приемника тонального вызова ПТВ.

Усилитель ГГС в это время остается отключенным от выхода радиостанции через контакты выключателя *В*, находящегося в положении ДЕЖУРНЫЙ РАДИОПРИЕМ. С появлением тонального сигнала вызова в приемнике ПТВ срабатывает исполнительное реле *Р1*, отключая вход усилителя ГГС от радиостанции на время прохождения вызова и подавая питание на реле времени *РВ1*.

Реле *РВ1* срабатывает, подготавливая через свои контакты цепь приема для усилителя громкоговорящей связи.

По окончании прохождения тональной посылки вызова реле *Р1* обесточивается и подключает вход УНЧ ГГС к выходу радиостанции через контакты сработавшего реле времени *РВ1*.

Реле времени *РВ1* удерживает в течение времени, необходимого для вызова требуемого абонента голосом с помощью установленных позывных.

Вызванный корреспондент переводит переключатель *В* своего устройства в положение РАБОТА. Через контакты *5*, *6* переключателя *В*, подключенного параллельно контактам реле времени *РВ1*, усилитель ГГС будет подсоединен к выходу радиостанции. Реле времени *РВ1* по истечении определенного времени отпускает, однако цепь приема сохраняется через контакты переключателя *В*. После указанных манипуляций операторы ведут переговоры по радио обычным порядком.

У остальных абонентов после отпускания реле времени *РВ1* вход УНЧ ГГС будет отключен от радиостанции. Так как вызов относился не к ним, они не переводят переключатель *В* на своих устройствах в положение РА-

БОТА и поэтому не будут прослушивать не относящиеся непосредственно к ним переговоры.

Автоматика устройства обеспечивает прием вызова голосом всеми абонентами. В дальнейшем переговоры по радио ведут только те абоненты, которым это необходимо, а тракты приема в устройствах остальных операторов отключены от канала, не мешая их основной работе.

При ответе корреспондента, принявшего вызов, в его устройстве сработает реле *Р2* и реле времени *РВ1*, кратковременно подключая генератор ГТВ к цепи передачи радиостанции.

Реле *Р2* заблокируется через свои контакты и контакты переключателя *В* и в дальнейшем не будет оказывать никакого влияния на ведение переговоров.

Элементы схемы устройства будут находиться в указанном положении до перевода переключателя *В* в положение ДЕЖУРНЫЙ ПРИЕМ по окончании переговоров.

При этом через контакты *2*, *3* переключателя будет нарушена цепь блокировки реле *Р2*, оно отпускает, возвращая схему устройства в исходное состояние.

2.3. Устройства избирательного вызова на основе импульсного кодирования

Избирательный вызов в системах, использующих импульсно-кодовый принцип построения вызывных сигналов, осуществляется с помощью комбинаций, последовательно передаваемых тонально-модулированных импульсов.

Необходимо отметить, что способ набора номера корреспондента с помощью последовательной передачи импульсов имеет тот недостаток, что при появлении импульсной помехи либо при выпадании импульсов в кодовой комбинации в результате кратковременного непрохождения связи вследствие замираний радиосигнала, либо экранировки местными предметами возможно искажение набранной комбинации и, следовательно, фиксация ложного вызова. Это может привести к известным неудобствам при организации служебно-диспетчерской радиосвязи, когда условия осуществления радиосвязи существенно усложняются.

Одним из методов борьбы с этими нежелательными явлениями является применение помехозащищенных ко-

дов, например, кодов с обнаружением ошибки в комбинации, исключающих возможность ложного вызова корреспондента, либо кодов другого вида.

Для того чтобы не идти по пути усложнения схемы, для устройств подобного типа достаточно будет использования кода с обнаружением ошибки в принятой вызывной комбинации, что практически исключит ложные вызовы. При случайном непрохождении вызова посылка его может быть повторена.

Для обслуживания избирательным вызовом 15—20 корреспондентов наиболее экономичным будет шестиэлементный код при вызывной комбинации, включающей три токовых импульса и три паузы, $C_6^3 = \frac{6!}{3!(6-3)!} = 20$ комбинаций.

Принципиальная схема устройства избирательного вызова рассматриваемого варианта представлена на рис. 2.9 и 2.10.

Устройство рассчитано на передачу девятнадцати индивидуальных избирательных комбинаций и сигнала циркулярного вызова.

Передающая часть устройства избирательного вызова (рис. 2.9) включает: наборное устройство, состоящее из вызывных кнопок (*Кн1—Кн20*) и конденсатора *С1*, передающую линию задержки (ЯП1 — ЯП8), управляющее реле *Р1*, реле задержки *Р2*, реле передачи *Р3*, генератор тактовых импульсов ГТИ-1 с ключевым транзистором КлТ, реактивный триггер РТг, звуковой генератор ЗГ, электронный ключ ЭК генератора ЗГ.

Набор вызывной комбинации производится нажатием соответствующей вызывной кнопки.

При этом через контакты кнопки *1*, *2*; *3*, *4* и *5*, *6* происходит подключение к цепи набора записывающих обмоток соответствующих ячеек памяти передающей линии задержки.

Обмотка записи стартового импульса ячейки *7* включена в цепь записи последовательно, благодаря чему обеспечивается запись стартового импульса при наборе любой вызывной комбинации.

Одновременно с этим через контакты кнопки *7*, *8* происходит замыкание цепи питания обмотки управляющего реле *Р*1.

При срабатывании реле *Р*1 через контакты *3*, *4* подается питание на реле задержки *Р*2, имеющее замедле-

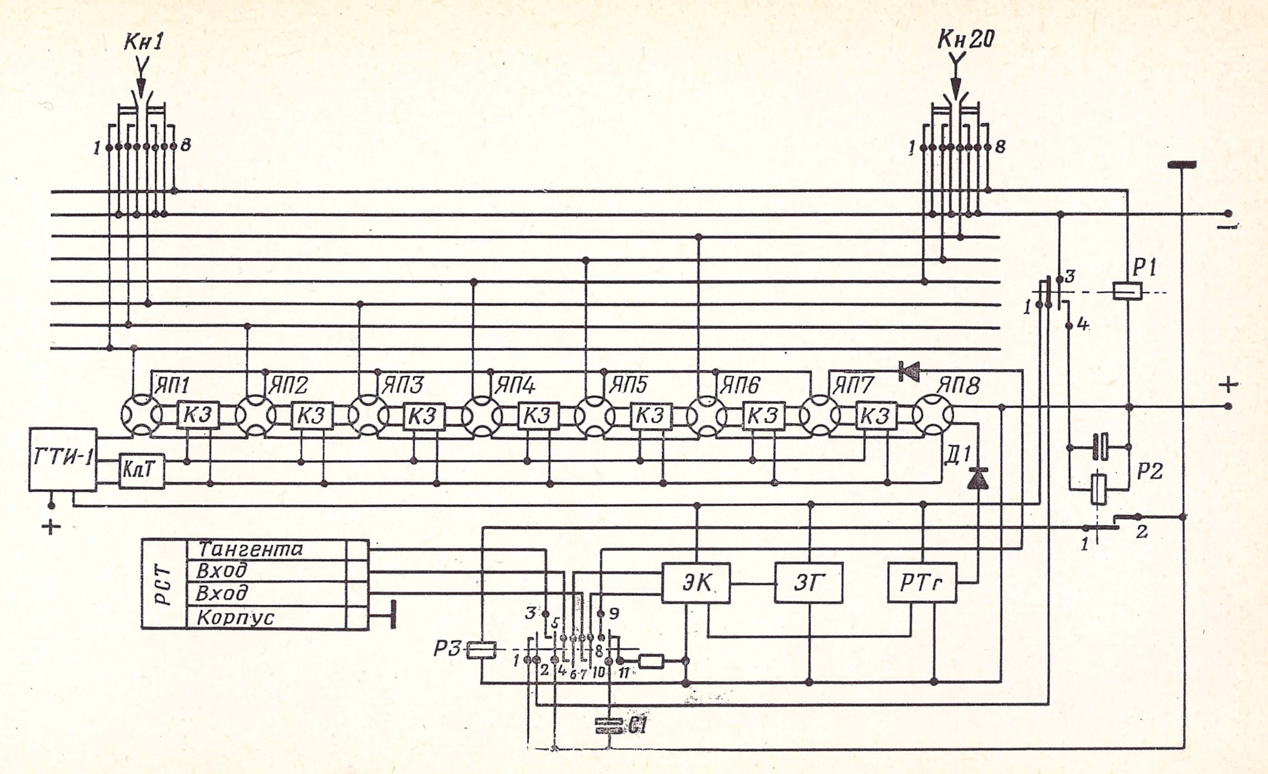


Рис. 2.9. Принципиальная схема передающей части импульсно-кодового устройства избирательного вызова с однократной передачей вызывного сигнала

ние на отпускание порядка 500 мс, а через контакты *1*, *2* разрывается цепь питания ГТИ-1, РТг и ЗГ.

При срабатывании реле *Р2* через его контакты *1*, *2* подается питание на исполнительное реле передачи *Р3*. Реле *Р3* срабатывает, подключая через контакты *9*, *10* конденсатор *С1*, заряженный до напряжения 24 В, к цепи записи.

Конденсатор *С1* разряжается через записывающие обмотки подключенных ячеек памяти (ЯП) передающей линии задержки, фиксируя на них набранную вызывную комбинацию и стартовый импульс.

Одновременно через контакты *3*, *4* реле *Р3* происходит переключение радиостанции на передачу, а через контакты *1*, *2* подготавливается цепь питания ГТИ-1, РТг и ЗГ. Вместе с тем через контакты *5*, *6* и *7*, *8* реле *Р3* выход генератора ЗГ коммутируется на вход радиостанции.

При отпускании кнопки вызова разрывается цепь питания управляющего реле *Р1* и происходит отключение записывающих обмоток ячеек памяти передающей линии задержки от цепи записи. После отпускания реле *Р1* через его контакты *1*, *2* происходит замыкание цепи питания ГТИ-1, РТг и ЗГ, а через контакты *3*, *4* размыкается цепь питания обмотки реле задержки *Р2*. Реле *Р2*, имеющее замедление на отпускание, продолжает при этом удерживать контакты в замкнутом состоянии в течение 500 мс, обеспечивая за этот промежуток времени передачу записанной комбинации через радиостанцию.

Через контакты *1*, *2* реле *Р1* и *1*, *2* реле *Р3* подается питание на генератор тактовых импульсов ГТИ-1, который начинает при этом генерировать импульсы с периодом следования 40 мс, обеспечивая продвижение записанной комбинации по ячейкам ЯП передающей линии задержки.

С выходной обмотки ячейки ЯП8 импульсы остроконечной формы поступают на вход реактивного триггера РТг. Под воздействием этих импульсов реактивный триггер выдает прямоугольные импульсы длительностью 20 мс, которые на это время отпирают электронный ключ звукового генератора ЗГ, модулирующего радиостанцию.

Таким образом, каждый тактовый импульс вызывной комбинации будет передан по радио в виде

тонально-модулированной посылки длительностью 20 мс.

После отпускания реле *Р2* размыкается цепь питания реле *Р3*, и схема передающей части устройства избирательного вызова возвращается в исходное состояние.

Приемная часть устройства (рис. 2.10) включает: приемник тонального сигнала ПТС, приемную линию задержки ЯП1—ЯП8, триггер запуска тактового генератора ТгЗ, генератор тактовых импульсов ГТИ-2 с ключевым транзистором Кл.Т1, выходной блокинг-генератор ВБГ с ключевым транзистором Кл.Т2, исполнительное устройство сигнализации вызова ИУВ (ячейка ЯП9, усилитель постоянного тока УПТ, триггер сигнализации ТгС, триод *Т3*, реле сигнализации *Р*, лампа сигнальная *ЛС* и звонок Зв).

На приемном конце тонально-модулированные импульсы вызывной комбинации с низкочастотного выхода радиостанции поступают на вход приемника тонального сигнала.

Устройство избирательного вызова в ожидании поступления вызывного сигнала в свой адрес в режиме дежурного приема постоянно подключено к выходу радиостанции.

С целью упрощения схемы коммутации приемник тонального вызова устройства остается подключенным к цепи приема радиостанции также и во время переговоров по радио.

Для того чтобы свести к минимуму шунтирующее влияние устройства, вход приемника тонального вызова выполнен высокоомным (ПТС подключен к выходу радиостанции через высокоомную развязку — удлинитель). Конденсатор *С1*, включенный на входе приемной части устройства, обеспечивает подавление импульсных радиопомех.

Через удлинитель сигнал поступает на фильтр, настроенный на частоту ЗГ, модулирующего токовые посылки вызывной комбинации.

Сравнительно узкая полоса пропускания фильтра (100—150 Гц на уровне 0,7) обеспечивает дополнительное подавление помех и уверенный прием вызывной комбинации даже при соотношении сигнал-помеха на выходе приемника радиостанции 1,5—2.

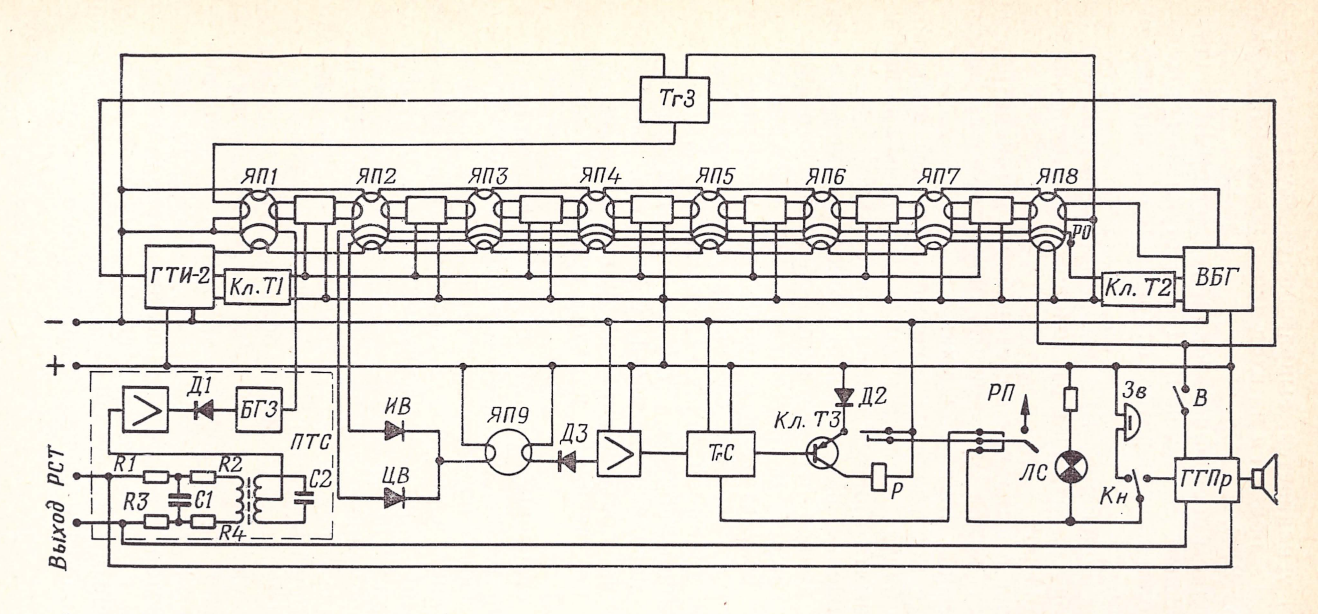


Рис. 2.10. Принципиальная схема приемной части импульсно-кодового устройства избирательного вызова с однократной передачей вызывного сигнала

Сигнал усиливается, выпрямляется двухтактным выпрямителем и подается на вход записывающего блокинг-генератора БГЗ.

В исходном состоянии блокинг-генератор БГЗ заперт отрицательным смещением. При поступлении токового сигнала блокинг-генератор открывается и выдает импульс тока.

Период колебаний БГЗ выбран порядка 35—40 мс, поэтому он срабатывает от токового импульса сигнала только один раз.

Импульс с выходной обмотки блокинг-генератора записи будет подан на записывающую обмотку ячейки ЯП1 приемной линии задержки.

Так все поступающие токовые импульсы вызывного сигнала будут последовательно записаны в первую ячейку памяти приемной линии задержки.

Напряжение, наведенное в пусковой обмотке ячейки ЯП1 при записи первого импульса вызывного сигнала, произведет переброс триггера запусков ТгЗ в рабочее состояние, в результате чего произойдет отпирание заторможенного в исходном состоянии генератора тактовых импульсов приемной линии задержки ГТИ-2.

Последний работает с той же частотой (25 Гц), что и ГТИ-1 передающей части устройства, обеспечивая продвижение поступающих импульсов вызывной комбинации по ячейкам памяти приемной линии задержки.

Когда стартовый импульс будет переписан на ячейку ЯП8, напряжение, наведенное в стоповой обмотке этой ячейки, вызовет переброс триггера запуска ТгЗ в исходное состояние, в результате чего генератор ГТИ-2 будет заперт, и проталкивание импульсов вдоль приемной линии задержки прекратится.

Одновременно с другой обмотки ячейки ЯП8 напряжение будет подано на выходной блокинг-генератор ВБГ, который выдаст при этом один импульс.

Напряжение с ключевой обмотки ВБГ в фазе с его рабочим импульсом откроет ключевой транзистор Кл.Т2, обеспечивая продвижение записанной комбинации на рабочие выходные обмотки ячеек ЯП2—ЯП8 линии задержки, которые соединены последовательно и образуют две ветви в соответствии с вызывными комбинациями, закрепленными за данным корреспондентом, — номера корреспондента и сигнала циркулярного вызова.

Рабочие обмотки реле ЯП2—ЯП7, соответствующие расположению токовых импульсов в закрепленной за данным корреспондентом вызывной комбинации, соединены между собой таким образом, что ЭДС, наведенные в них, складываются.

Обмотки ячеек памяти, соответствующие месту расположения бестоковых импульсов в закрепленной комбинации, включены навстречу рабочим обмоткам.

Кроме того, на ячейке ЯП8 последовательно с каждой из ветвей рабочих выходных обмоток навстречу токовым обмоткам включены вспомогательные обмотки, выдающие импульсы, амплитуда которых в два раза больше амплитуды импульсов рабочих обмоток.

Выходы ветвей избирательного и циркулярного сигналов через развязывающие диоды и ключевой транзистор Кл.Т2 включены на первичную обмотку ЯП9 исполнительного устройства.

Импульс с вторичной обмотки ЯП9 через диод поступит на вход усилителя исполнительного устройства и далее на вход триггера сигнализации вызова ТгС.

Триггер ТгС перебросится при этом в рабочее состояние. С эмиттера правого плеча триггера отрицательное напряжение будет подано на базу транзистора *Т3*, в коллектор которого включено исполнительное сигнальное реле *Р*. Транзистор откроется, реле *Р* сработает и подаст питание на сигнальную лампу *ЛС* и звонок постоянного тока Зв.

При снятии микротелефонной трубки с рычажного переключателя цепь питания сигнальной лампы и звонка размыкается, а на триггер ТгС подается напряжение, перебрасывающее его в исходное состояние. Транзистор *Т3* закрывается, а реле *Р* отпускает, размыкая цепь питания устройств сигнализации вызова, в результате чего при возврате трубки на рычажный переключатель схема приемной части устройства избирательного вызова приходит в исходное состояние дежурного приема.

В режиме громкоговорящего приема звонок может быть отключен с помощью кнопки, переключающей напряжение питания со звонка на усилитель громкоговорящего переговорного устройства.

Вызов корреспондента производится при этом голосом (на громкоговоритель) при наличии световой сигнализации вызова.

Рассмотрим работу дешифратора устройства при наборе рабочей и ложных комбинаций.

Пусть рабочая комбинация для данного корреспондента имеет вид 111000, где 1 — обозначены токовые посылки; 0 — бестоковые посылки.

В приемной линии задержки данного корреспондента ветвь, соответствующая данному номеру, будет иметь следующий порядок соединения обмоток: рабочие выходные обмотки ячеек ЯП2, ЯП3, ЯП4 соединены согласно, т. е. так, что наведенные в них ЭДС складываются, а рабочие выходные обмотки ячеек ЯП5, ЯП6, ЯП7 включены им навстречу. Навстречу включена также обмотка ячейки ЯП8 этой ветви, выдающая импульс двойной амплитуды.

В результате при срабатывании выходного блокинг-генератора на выходе рассматриваемой ветви будем иметь результирующее напряжение: $-1-1-1+0+$ $+0+0+2=-1$.

Через обмотку ячейки ЯП9 это напряжение трансформируется на вход усилителя исполнительного устройства.

С выхода усилителя импульс подается на вход сигнального триггера ТгС. Последний перебрасывается в рабочее состояние, отпирая транзистор *Т3*, в коллекторную цепь которого включено сигнальное реле *Р*. Через контакты реле *Р* и рычажного переключателя РП подается питание на сигнальную лампу *ЛС* и звонок Зв, на которых и фиксируется поступивший вызов.

При снятии микротелефонной трубки с рычажного переключателя размыкается цепь питания лампочки и звонка и подается «корпус» на основание правого триода триггера ТгС.

Триггер ТгС перебрасывается в исходное состояние, реле *Р* отпускает, лампочка и звонок выключаются.

После возврата трубки на рычажный переключатель устройство придет в исходное состояние готовности к приему очередного вызова.

Рассмотрим работу устройства избирательного вызова в случае приема комбинации, соответствующей номеру другого корреспондента, например, комбинации вида 001101.

В этом случае на выходе дешифратора данного устройства получим: $0+0-1+1+0+1+2=+3$.

Диоды, включенные последовательно с рабочими выходными обмотками, не пропустят напряжение положительного знака, и исполнительное устройство не сработает.

Рассмотрим работу устройства при пропадании одного из импульсов вызывной комбинации вследствие непрохождения связи либо селективных замираний радиосигнала.

Пусть при этом комбинация примет вид 101000 (не прошел второй токовый импульс комбинации 111000). В этом случае на выходе дешифратора получим: $-1+$ $+0-1+0+0+0+2=0$.

Такая комбинация не приведет к срабатыванию сигнальных устройств.

Аналогичный результат будет иметь место при поступлении любых вызывных комбинаций, не соответствующих закрепленным за данным корреспондентом, и помех, а также при пропадании импульсов в вызывной комбинации вследствие затуханий радиосигнала.

Оптимальность каждого из указанных способов кодирования вызывных сигналов должна определяться в каждом конкретном практическом случае создания устройств служебно-диспетчерской связи.

Однако следует отметить, что при значительном числе вызывных сигналов в подавляющем числе практических случаев более предпочтительным является импульсный способ кодирования, а при малом числе — частотный.

ГЛАВА 3

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПЕРЕДАЧИ И ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ И ТЕЛЕСИГНАЛИЗАЦИИ (ТУ—ТС)

3.1. Основные принципы передачи информации в системах ТУ — ТС

В совокупности процессов, определяющих сущность управления, значительную роль играют информационные процессы, включающие сбор данных о состоянии контролируемых объектов или о ходе технологических процессов, передачу различных команд управления по включению (выключению), изменению режима работы объектов или хода процесса, сигналов подтверждения о приеме и исполнении команд и другую информацию.

Сущность процессов телеуправления и технические принципы построения устройств передачи информации, используемых преимущественно на низших ступенях современных систем телемеханики, изложены в [9—16].

Однако дальнейшее укрупнение и развитие систем управления требуют определенной систематизации методов передачи информации на различных ступенях иерархических систем управления и унификации технических устройств, реализующих эти методы.

Унификация методов и средств передачи информации в системах управления существенно понизит стоимость разработки и эксплуатации автоматизированных систем управления, сократит сроки их внедрения.

Следует также особо рассмотреть вопросы построения устройств для сбора информации в системах управ-

ления техническими объектами, в которых ввиду невозможности или экономической нецелесообразности комплексной автоматизации в основном передается информация телеизмерения и телесигнализации.

Воздействие управляющих органов на объекты управления в таких системах осуществляется через операторов, обслуживающих соответствующие технические комплексы, путем передачи неформализованных команд и распоряжений с помощью обычных или специализированных устройств диспетчерской телефонной и телеграфной связи.

Объем информации, необходимый для контроля и управления, возрастает примерно пропорционально квадрату числа управляемых и контролируемых объектов. Поэтому с ростом числа объектов управления оптимизация информационных процессов в системе управления является актуальной проблемой, а ее решение становится далеко не простой задачей.

В иерархических системах управления, наиболее распространенных в сложных взаимосвязанных технических комплексах, можно выделить следующие основные ступени управления:

— низшие, управляющие отдельным агрегатом или техническим средством;

— промежуточные, управляющие отдельными подсистемами взаимосвязанных технических комплексов;

— верхние, управляющие системой технических комплексов в целом.

Число иерархических ступеней (уровней) управления зависит от сложности системы. Разделению на уровни управления должно соответствовать определение целей, алгоритмов функционирования и границ ответственности каждого из них, а также правильное распределение соответствующих функций управления между человеком и автоматами.

Внутри каждой и между взаимосвязанными ступенями управления можно выделить соответствующие линии управления и взаимодействия, через которые осуществляется обмен информацией, необходимой для функционирования системы. Физическое представление информации в линиях управления, зависящее в первую очередь от степени автоматизации процессов управления, определяет и состав технических средств, используемых для ее передачи.

В каждом из звеньев линии управления могут строиться как на основе только систем телеуправления (рис. 3.1), так и при комбинированном использовании устройств телемеханики, телесигнализации и диспетчерской связи (рис. 3.2). В комбинированных линиях устройства телемеханики решают задачи телеизмерения и телесигнализации. Они дают возможность на пункте управления постоянно знать состояние и качество функционирования управляемых объектов. Указания и распоряжения в комбинированных линиях передаются посредством устройств служебно-диспетчерской связи. Эти устройства позволяют оперативно передавать необходимые распоряжения операторам, находящимся на управляемых объектах. Кроме того, по служебно-диспетчерской связи может быть осуществлен сбор информации о состоянии объектов, не оборудованных устройствами телеконтроля.

Таким образом, устройства телемеханики и диспетчерской связи, взаимно дополняя друг друга, обеспечивают передачу различных видов информации, необходимой как для управления техническими объектами, так и для обслуживающего их персонала.

Принятие решений и воздействие на управляемые объекты на низших ступенях, как правило, полностью осуществляются автоматами; по мере повышения иерархического уровня ступеней управления эти задачи в большей степени должны возлагаться на человека. Однако передача информации и ее обработка, необходимая для принятия решений, на всех ступенях должна производиться автоматами.

Таким, очевидно, должно быть общее разделение функций между человеком-оператором и автоматами при управлении техническими системами.

На каждой ступени управления используются преимущественно определенные виды информации. Оперативная технологическая информация телеконтроля и телеуправления используется главным образом на низших ступенях, где осуществляется наиболее детальный контроль функционирования объекта и непосредственное вмешательство в его работу путем передачи команд или ручного управления.

На промежуточных и высших ступенях управления, как правило, используется информация, предварительно подготовленная путем интегрирования, логической или

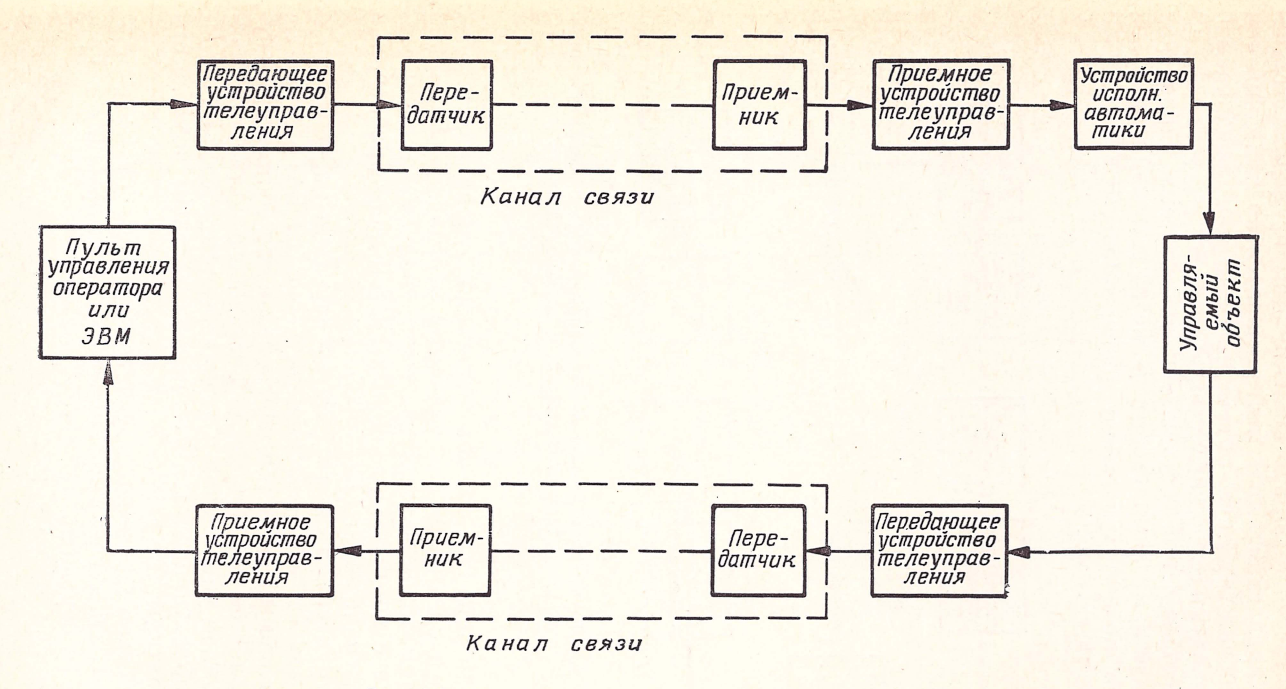


Рис. 3.1. Структурная схема линии телеуправления

статистической обработки. При этом на верхних ступенях управления имеет место значительно больший, чем на низших ступенях, объем принимаемой, передаваемой и обрабатываемой информации.

Неотъемлемой составной частью системы управления техническими комплексами является сеть каналов связи, обеспечивающих передачу информации между ее различными звеньями.

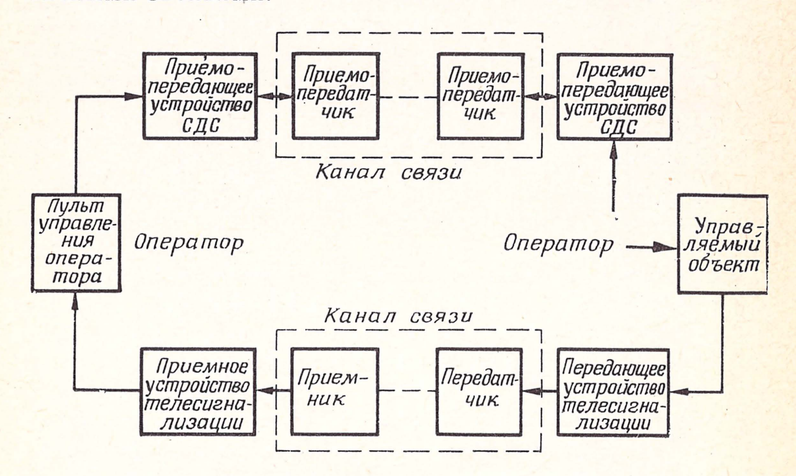


Рис. 3.2. Структурная схема линии управления с использованием средств телесигнализации и служебной связи

При территориальном разнесении управляемых объектов и органов управления ими передача информации в автоматизированных системах управления осуществляется с помощью различных систем телеуправления и телесигнализации (ТУ — ТС).

Структурная схема трактов передачи информации в системах ТУ — ТС изображена на рис. 3.3. Воздействие на управляемый объект и контроль за его состоянием осуществляется с помощью диспетчерского комплекта, прием команд управления и передача информации о состоянии объекта производится исполнительным комплектом аппаратуры ТУ — ТС.

Составные элементы трактов системы ТУ — ТС производят следующие преобразования информации в процессе ее передачи.

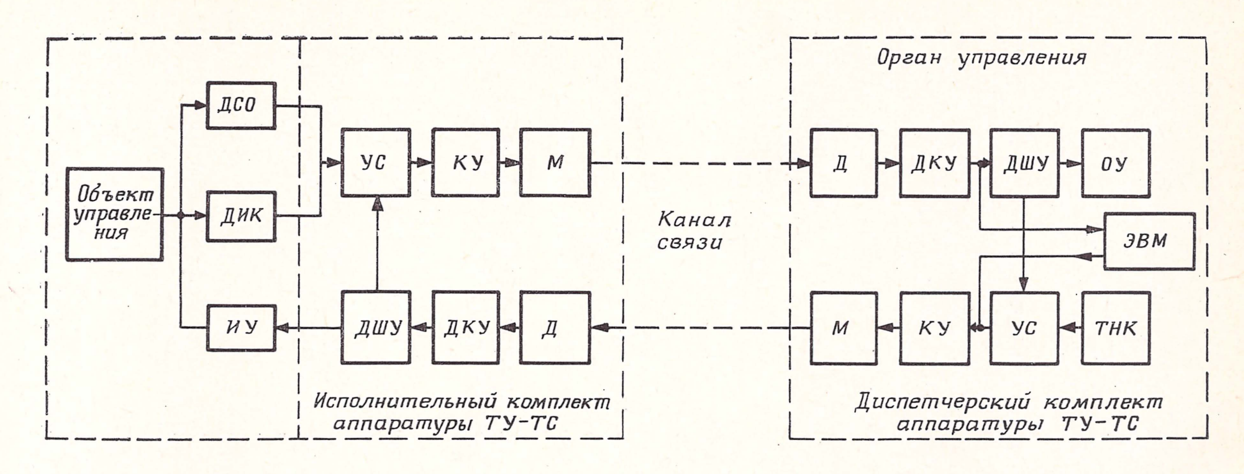


Рис. 3.3. Структурная схема трактов передачи информации в системе ТУ—ТС

Тастатура набора команд (ТНК) обеспечивает ввод передаваемой информации в систему телеуправления, устройства сопряжения (УС) осуществляют согласование очередности ввода информации от ТНК, датчиков состояния объекта (ДСО) и датчиков исполнения команд (ДИК) в кодирующие устройства (КУ), с помощью которых исходная информация преобразуется в код передачи.

Модуляторы (М) и демодуляторы (Д) производят согласование по форме электрических сигналов кода передачи с каналом связи, декодирующие (ДКУ) и дешифрирующие устройства (ДШУ) преобразуют сигналы с выхода демодулятора в кодовые комбинации, расшифровывают их и выдают на исполнительные (ИУ) и отображающие (ОУ) устройства.

Для согласования выходных сигналов ДШУ со входами ИУ и ОУ на выходах ДШУ могут включаться различного рода усилители и преобразователи тока или напряжения, параметры которых зависят от типа примененных в системе ТУ — ТС исполнительных и отображающих устройств.

При автоматическом управлении с помощью ЭВМ последнюю целесообразно включить в тракт системы ТУ — ТС на входе кодирующего и выходе декодирующего устройств в диспетчерском комплекте аппаратуры ТУ — ТС.

Указанное включение позволяет исключить ряд преобразований информации при сопряжении ЭВМ с системами ТУ — ТС.

Как видно из рис. 3.3, системы ТУ — ТС состоят из двух в основном идентичных трактов передачи информации — тракта телеуправления, осуществляющего передачу команд на управляемый объект, и тракта телесигнализации, обеспечивающего получение информации о состоянии объекта и контроль за передачей команд управления.

Эта особенность систем ТУ — ТС позволяет ограничиться в дальнейшем рассмотрением принципов построения только специфических для тракта телесигнализации элементов.

При этом вопросы модуляции и демодуляции при передаче информации ТУ — ТС по каналам связи в данной книге не рассматриваются, поскольку они детально изложены в соответствующей литературе.

Системы ТУ — ТС могут быть индивидуальными на каждый из объектов управления или групповыми, используемыми, как правило, для управления несколькими однотипными объектами.

Состав и технические принципы построения основных элементов систем ТУ — ТС зависят главным образом от количества передаваемых команд управления объектом и сигналов о его состоянии и режимах работы, взаимного территориального размещения составных частей системы ТУ — ТС, требований к скорости и достоверности передачи информации контроля и управления, а также вида каналов связи между управляемым объектом и органом управления.

Большое разнообразие номенклатур объектов управления требует построения различных по структуре и сложности систем управления и использования для их оснащения разнообразных технических средств автоматизации процессов управления.

В зависимости от сложности решаемых задач различные ступени системы управления оснащаются такими средствами автоматизации процессов управления, как устройства передачи и отображения информации, регистрирующие устройства и регуляторы, электронные вычислительные и управляющие машины, а также различными другими средствами.

Несмотря на существенное различие структур, задач и принципов функционирования систем управления конкретными техническими комплексами, устройства передачи и отображения информации в различных системах управления могут иметь значительное количество унифицированных комплексов аппаратуры управления.

В зависимости от взаимного территориального размещения управляемых объектов и органов управления для передачи информации контроля и управления используются физические цепи проводных, кабельных или воздушных линий связи, линий электропередачи, телеграфные и телефонные каналы связи.

Для уплотнения каналов связи применяются различные методы частотного, временного, частотно-временного и кодово-адресного преобразования информации контроля и управления.

Широко используются также системы передачи информации параллельным кодом по многопроводным или многоканальным линиям связи.

Способы кодирования информации и выбор каналов для ее передачи определяются требованиями, предъявляемыми к надежности, достоверности и скорости передачи информации в конкретных системах управления, а также возможностями их выполнения в заданных объемах материальных затрат.

При укрупнении и значительной пространственной разобщенности элементов системы управления возникает необходимость управления и самой сетью каналов связи между ними.

Если в некоторой системе технических средств низовые и промежуточные ступени управления сгруппированы и территориально совмещены, а верхние ступени управления этой системы находятся от них на значительных расстояниях, то как показано в [13, 14] наиболее целесообразными в такой системе управления будут следующие способы передачи информации:

— передача двоичных сигналов («норма — не норма», «включить — выключить» и т. д.) по индивидуальным линиям связи — на низшей ступени управления;

— многопроводная комбинационная система передачи информации параллельным кодом с адресными и информационными составляющими — между низшими и промежуточными ступенями управления;

— кодограммная передача информации по каналам связи — между промежуточными и высшими ступенями управления.

Указанные рекомендации носят достаточно общий характер, поэтому при конкретном выборе способов передачи информации между различными ступенями управления необходимо производить технико-экономическую оценку возможных вариантов решений.

В качестве критериев оценки сравниваемых вариантов могут быть приняты надежностные, стоимостные, технологические, габаритные, эксплуатационные и другие показатели каждой из сравниваемых систем.

Технико-экономические показатели, отнесенные к передаче одной двухпозиционной команды для каждой из систем, определяются по формуле

$$\eta_i = \frac{\sum_{i=1}^{m} n_i j_i}{N}, \qquad (3.1)$$

где η_i — технико-экономический показатель;

n_i, j_i — соответственно количество однотипных компонентов в системе и их оценки;

m — количество групп однотипных компонентов;

N — количество передаваемых в системе двухпозиционных сигналов.

3.2. Общие требования к устройствам передачи и отображения информации в системах ТУ — ТС

Устройства передачи, обработки и отображения информации в системах управления должны обеспечивать оптимизацию решения выполняемых каждой ступенью управления задач при высоких технико-экономических показателях эффективности осуществления процессов управления.

Для успешного решения задач управления необходимо, чтобы технические средства управления отвечали предъявляемым к ним специфическим требованиям.

Устройства передачи информации, используемые на различных ступенях управления и особенно в системах ТУ — ТС, должны обеспечивать своевременную, достоверную и помехоустойчивую передачу информации при высокой надежности их работы в изменяющихся условиях эксплуатации.

Повышенные требования к достоверности передачи информации в системах ТУ — ТС и к надежности их работы обусловлены тем, что передаваемая в них исходная информация не имеет избыточности (каждому состоянию объекта и любой команде управления имеется однозначное соответствие информации в системе ТУ — ТС), а искажения информации могут привести к серьезным нарушениям в работе управляемых объектов.

Сложность систем ТУ — ТС в первом приближении пропорциональна количеству передаваемых в них неповторяющихся команд и сигналов, поэтому минимизация объемов передаваемой информации до величин, обеспечивающих своевременность принятия и реализации соответствующих данной ступени управления решений, является одной из эффективных мер по упрощению и, следовательно, повышению надежности и снижению стоимости средств передачи, обработки и отображения информации.

Так, если в системе управления, состоящей из m объектов управления, число контролируемых параметров или состояний каждого из объектов можно сократить с n до $n-k$, это означает, во-первых, сокращение объема аппаратуры управления примерно в mk раз, во-вторых, уменьшение количества состояний, вызывающих реакцию системы управления, с величины m^n до m^{n-k}, т. е. в m^k раз.

Сокращение количества состояний управляемой системы в свою очередь создает предпосылки для уменьшения скорости передачи информации ТУ — ТС в каналах связи, снижения требований к быстродействию обрабатывающих, управляющих и регистрирующих устройств, улучшения условий восприятия информации операторами, а также возможностей увеличения времени, необходимого для принятия и исполнения ими решений.

Таким образом, при разработке технических средств управления становится очевидной необходимость рациональной минимизации объемов информации передаваемых как внутри, так и между взаимодействующими ступенями системы управления.

Устройство визуального и при необходимости документального отображения информации в системах управления должно создаваться с учетом следующих требований:

— обеспечения оптимального согласования поступающей информации с задачами и возможностями оператора;

— возможности оперативной оценки общего состояния управляемой системы;

— обеспечения соответствующей приоритетности отображения предупреждающей информации об отклонениях в работе контролируемых объектов и данных об аварийной обстановке;

— возможности логической последовательности отображение информации целеуказания при принятии решений и ликвидации аварийных ситуаций;

— удовлетворения нормативным требованиям технической эстетики, эргономики и инженерной психологии.

Выдача на устройства отображения данных, требующих непосредственного вмешательства оператора, должна сопровождаться звуковой сигнализацией, необходимой для привлечения его внимания.

Основными психофизиологическими требованиями, которым должны удовлетворять современные устройства отображения, являются:

— соответствие габаритных размеров информационного поля зоне оптимального видения и линейных размеров отдельных знаков оптимальному углу обзора;

— обеспечение требуемой величины яркостной контрастности фона и изображения;

— соответствие цветового фона отображающих элементов характеру выдаваемой информации.

Зона оптимального видения [27] ограничена углом обзора, равным 30—40° в вертикальной плоскости и 50—60° — в горизонтальной плоскости. Углом обзора принято называть угол между лучами, направленными от глаза наблюдателя к крайним точкам объекта.

Оптимальная величина знака по высоте, обеспечивающая наиболее быстрое и точное считывание, соответствует углу обзора, равному 40′, наименьшая допустимая величина знака — 20′.

Ширина знака, толщина его линий и расстояние между знаками должны соответственно составлять 60, 12,5 и 50% от его высоты. Величина яркостной контрастности K при заданной освещенности должна находиться в пределах 65—95%.

Яркостный контраст определяется соотношениями для прямого контраста —

$$K=\frac{B_{ф}-B_{0}}{B_{ф}}\cdot 100\%; \qquad (3.2)$$

для обратного контраста —

$$K=\frac{B_{0}-B_{ф}}{B_{ф}}\cdot 100\%, \qquad (3.3)$$

где $B_{ф}$ — яркость фона;
B_{0} — яркость объекта.

Наиболее распространенными, способствующими снижению утомляемости операторов и облегчающими восприятие информации, цветами индикаторов являются зеленые и голубые — для отображения нормального состояния объектов, желтые и красные — соответственно для предупредительной и аварийной сигнализации.

Ниже будут рассмотрены технические принципы построения, функциональные и принципиальные схемы от-

дельных узлов устройств передачи и отображения информации на различных ступенях управления, контрольная и управляющая информация в которых преимущественно имеет вид двухпозиционных сигналов («норма — не норма», «включить — выключить» и т. п.).

Имея в виду, что основные технические решения по построению различных элементов систем телемеханики при управлении рассредоточенными объектами подробно изложены в [11, 14, 15, 16], а построение отображающих устройств проекционного типа в виде мнемосхем и светопланов рассмотрено в [4, 27], основное внимание будет уделено рассмотрению устройств передачи информации при управлении группами взаимодействующих объектов, имеющих иерархические ступени управления, а также отображающих устройств индикаторного типа, недостаточно рассмотренных в имеющихся публикациях.

При этом целый ряд нижерассмотренных инженерных решений может быть использован при построении системы управления техническими комплексами самого различного назначения.

ГЛАВА 4

УСТРОЙСТВА ПЕРЕДАЧИ И ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

4.1. Передача и отображение информации на низших ступенях управления

Основными задачами низших ступеней управления являются:

— контроль за функционированием оборудования и поддержание параметров его входных и выходных сигналов в заданных техническими условиями нормах;

— включение, выключение и изменение режима работы оборудования;

— профилактические и контрольные измерения параметров при технических проверках и вводе резервного оборудования;

— технологическое взаимодействие с сопрягающимися комплексами аппаратуры;

— резервирование вышедших из строя комплектов исправными;

— передача обобщенной информации о состоянии контролируемых объектов в вышестоящие звенья управления, прием и исполнение поступающих от них команд;

— документальная регистрация параметров контролируемых объектов и команд управления при необходимости.

Структурная схема низшего уровня управления и функциональные связи его основных элементов изображены на рис. 4.1.

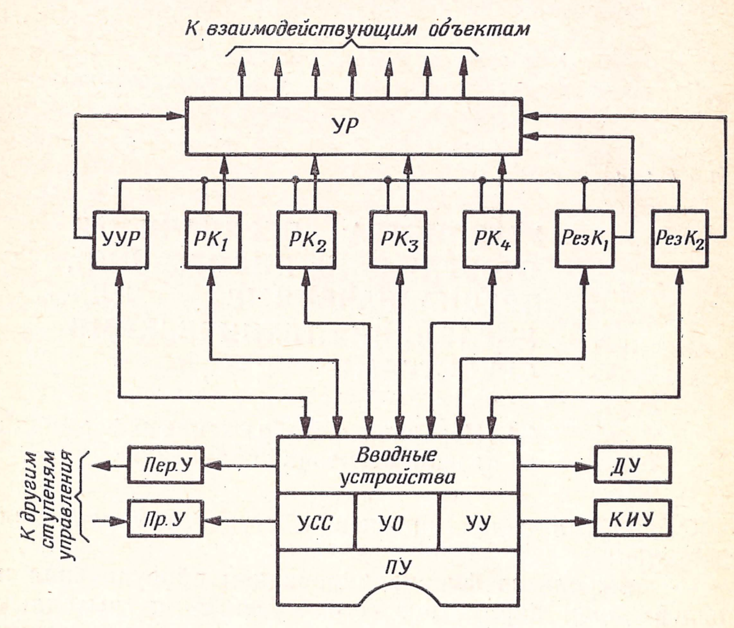


Рис. 4.1. Структурная схема низшей ступени управления: РК, РезК — рабочие и резервные комплекты оборудования; ПУ — пульт управления; УУ, УО, УСС — устройства управления, отображения и служебной связи; КИУ — контрольно-измерительные устройства; УУР — устройства управления резервированием оборудования; УР — устройство резервирования; ДУ — документирующее устройство; ПРУ, ПерУ — приемопередающие устройства

В зависимости от степени автоматизации управления конкретными техническими средствами оператор с помощью пульта управления выполняет следующие функции:

— контролирует работу устройств автоматики и изменяет режимы работы, не предусмотренные алгоритмами управления автоматов;

— осуществляет непосредственный контроль и управление при отказах в работе автоматических управляющих устройств;

— выполняет операции ручного управления неавтоматизированными техническими средствами.

Информационные процессы в рассматриваемой ступени управления представляют собой передачу на пульт управления (ПУ) сигналов от устройств функционального контроля технических средств, обслуживаемых с данного ПУ, передачу команд по изменению режимов работы и резервированию вышедших из строя комплектов аппаратуры, управление подключением контрольно-измерительных устройств для осуществления технических проверок и регламентов, обмен информацией взаимодействия с сопрягающимися объектами управления.

Для передачи сигналов контроля и команд управления на низших уровнях, как правило, используются неуплотненные цепи внутриобъектовых кабельных линий связи.

По каждому из проводов этих линий и общему обратному проводу могут передаваться два состояния (исправное — неисправное) объекта или две команды управления («включить — выключить»).

При этом неисправному состоянию объекта обычно соответствует замыкание сигнального провода на общую шину, а исправному состоянию — разомкнутая сигнальная цепь.

Питание сигнальной цепи осуществляется со стороны приемника сигнала контроля, род тока и величина питающего напряжения определяются выбранным типом индикатора.

Команды управления, соответствующие включению объекта, подаются путем замыкания провода управления на общую шину, а для выключения объекта производится разрыв этой цепи. Питание в цепи управления подается со стороны объекта управления, так как аналогичные операции предусматриваются и непосредственно с панелей управления самих объектов.

При большом количестве сигналов контроля и команд управления необходимы специальные меры по оптимизации восприятия информации контроля и передачи команд управления оператором. Для уменьшения в табло количества индикаторов отображения состояния управляемых объектов, улучшения условий обзора табло и целенаправленного привлечения внимания оператора к объектам, требующим его вмешательства, практический

интерес представляют следующие два способа отображения состояний объектов.

Первый из этих способов основан на выдаче обобщенной информации о каждом объекте с возможностью уточнения отдельных параметров объекта по запросу оператора на специальном вызывном табло, а второй — использует поочередное отображение аварийных состояний каждого из объектов на общих цифровых индикаторах.

Принципиальная схема устройства сигнализации, построенного по первому способу выдачи информации на устройство отображения, приведена на рис. 4.2.

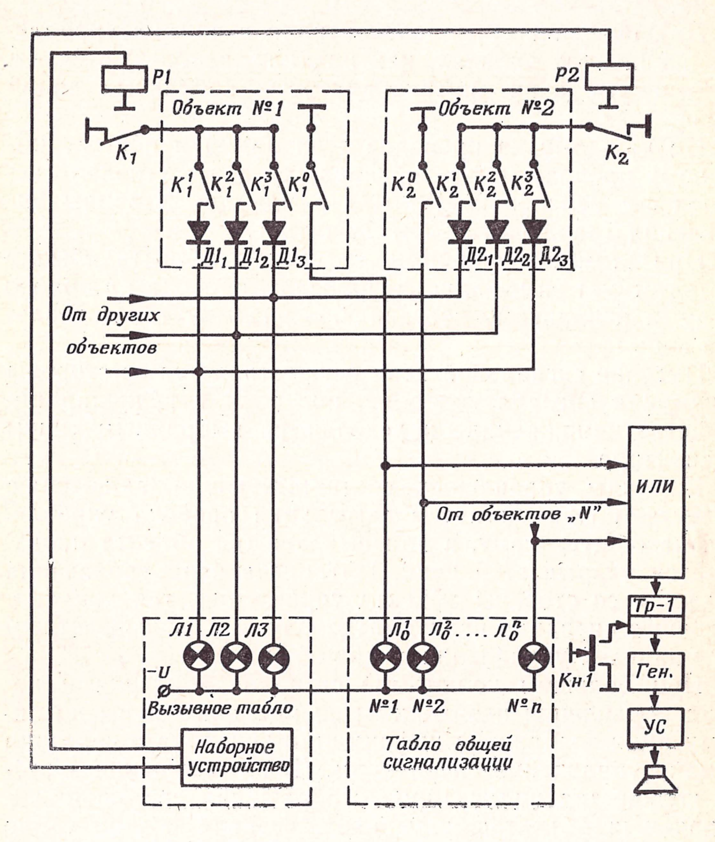


Рис. 4.2. Принципиальная схема устройства сигнализации с двухступенчатой выдачей информации контроля

Для упрощения пояснения работы схемы основные ее узлы выполнены на релейно-контактных элементах.

Как видно из рисунка, контактные датчики устройств обобщенного контроля объектов K_1^0 и K_2^0 подключены непосредственно к индикаторам $Л_0^1$ и $Л_0^2$, расположенных в табло общей сигнализации, а датчики $К_1^1 — К_1^3$ и $К_2^1 — К_2^3$ устройств контроля отдельных параметров через разделительные диоды $Д1_1$—$Д1_3$ и $Д2_1$—$Д2_3$ подключены к индикаторам *Л1 — Л3* вызывного табло.

При нарушении работы, например, объекта № 1 замыкается контакт K_1^0, вызывающий засветку на пульте управления индикатора обобщенного состояния первого объекта $Л_0^1$ и через схему ИЛИ включение источника звукового сигнала для привлечения внимания оператора.

В целях уточнения причины нарушения работы объекта оператор с помощью наборного устройства замыкает цепь питания избирающего реле *Р1*.

При срабатывании реле *Р1* контактом *К1* производится замыкание на «землю» общего провода датчиков причин нарушения работы данного объекта $К_1^1 — К_1^3$, что вызывает в зависимости от положений контактных датчиков засветку на вызывном табло соответствующих индикаторов *Л1 — Л3*, информирующих оператора о причине нарушения работы (отклонений от нормы параметров) объекта № 1.

Таким образом, в рассматриваемой схеме имеют место две ступени выдачи информации оператору:

— непрерывное отображение обобщенной информации о каждом из объектов;

— выдача уточняющей информации об отклонениях от нормы контролируемых параметров каждого из объектов по запросу оператора.

На аналогичных принципах могут быть построены системы сигнализации и с бо́льшим числом ступеней деления уточняющей информации.

Наряду с более целенаправленной выдачей информации оператору устройства сигнализации с многоступенчатой выдачей информации существенно сокращают количество индикаторов в табло отображения и требуют значительно меньшего количества цепей для передачи информации контроля в сравнении с устройствами сиг-

нализации, непрерывно отображающими все состояния контролируемых параметров объектов управления.

При большом количестве контролируемых с одного пульта объектов управления, ограниченных возможностях размещения на ПУ большого количества индикаторов, а также в целях улучшения возможностей обзора табло оператором может быть использовано устройство сигнализации с поочередной индикацией номеров неисправных объектов (рис. 4.3).

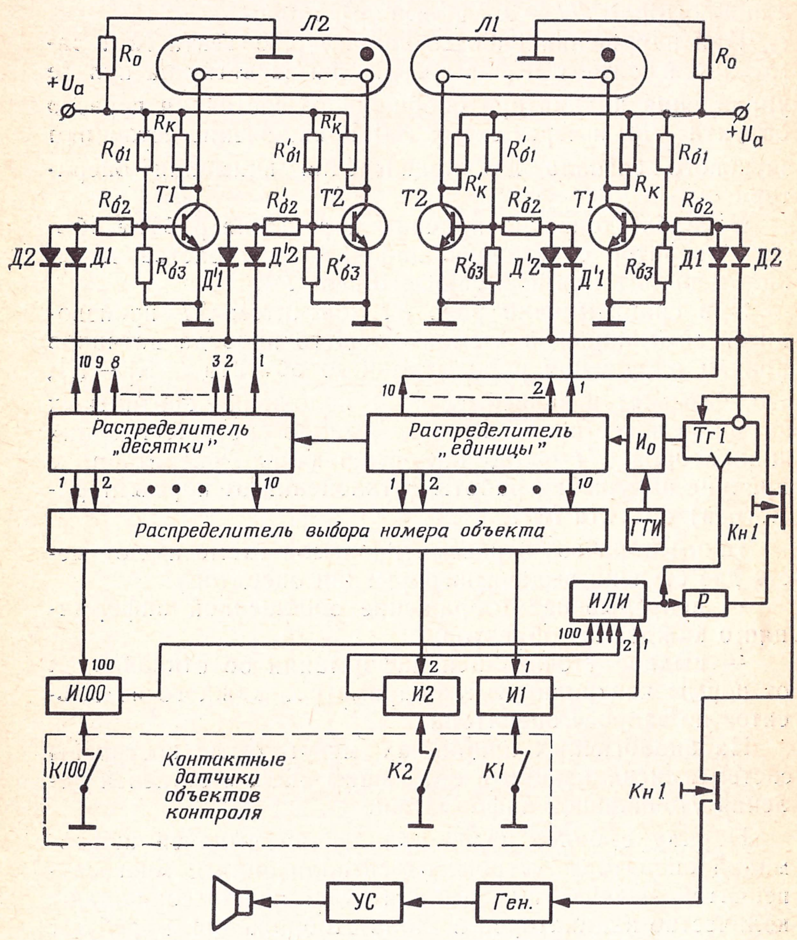


Рис. 4.3. Функциональная схема устройства сигнализации с последовательной индикацией номеров неисправных объектов

Основными элементами устройства сигнализации с поочередной индикацией номеров неисправных объектов являются:

— распределители управления цифровыми индикаторами и поиска номеров неисправных объектов;

— цифровые индикаторы номеров неисправных объектов;

— узел управления работой схемы, состоящий из генератора тактовых импульсов, ключа $И_0$, триггера Тг1 и реле времени.

Устройство сигнализации, рассчитанное на индикацию состояний до 1000 объектов, работает следующим образом.

При отсутствии аварийных положений в выходных элементах датчиков объектов контроля К1 — К100 с выхода триггера Тг1 через диоды *Д2* подается запирающее напряжение на базы транзисторов *Т1*, управляющих включением индикаторов *Л1*, *Л2*. Этим же триггером выключается генератор звукового сигнала и подается напряжение на схему совпадения $И_0$.

С выходов распределителей через диоды *Д1* и резисторы $R_{б2}$ на базы транзисторов *Т1*, *Т2* последовательно во времени поступают импульсы подготовки разрешения засветки индикаторов и импульсы стробирования (считывания) на схемы совпадений И1 — И100.

При закрытых транзисторах *Т1*, *Т2* индикаторы погашены, так как разность потенциалов анода и катодов за счет подачи на них через резисторы $R_к$ анодного напряжения значительно меньше напряжения зажигания.

При наличии аварийного состояния, например, в датчике К1 импульс с первого выхода распределителя поиска объекта вызывает срабатывание схемы И1, а ее выходной сигнал через схему сборки ИЛИ переводит триггер Тг1 в положение, при котором включается световая и звуковая сигнализация устройства отображения. Последнее обеспечивается выключением запирающего напряжения с базовых цепей транзисторов управления цифровыми индикаторами, подачей через схему $И_0$ напряжения запрета пропуска тактовых импульсов на распределители, включением реле времени и звуковой сигнализации для привлечения внимания оператора к индикаторам табло.

Сигналом с первого выхода распределителя поиска объекта включаются индикаторы номера первого

объекта контроля. Включение индикаторов производится подачей отрицательного напряжения на их катоды через открытые транзисторы *Т1*.

Транзисторы *Т1* открываются положительным потенциалом от источника анодного питания $+U_а$, подаваемого через сопротивление $R_{б1}$ (отрицательное напряжение запирания этих транзисторов, поступавшее через диоды *Д1*, *Д2*, снято). Индикаторы и звуковая сигнализация будут включены до появления сигнала с выхода реле времени, с помощью которого схема переводится в начальный режим последовательного считывания информации с других датчиков. Задержка реле времени выбирается равной 3—5 с, что достаточно для привлечения внимания оператора к индикаторам данного объекта. При необходимости с помощью кнопки Кн1 схема может быть «остановлена» на требуемом объекте до устранения в нем неисправности.

Рассмотренная схема может быть использована также и для сигнализации о состоянии объектов, каждый из которых имеет несколько точек контроля.

В этом случае необходимо соответственно увеличить количество схем совпадений И1 — И100 для подключения всех датчиков объектов контроля, а каждый из выходов распределителя поиска объекта соединить со схемами совпадений, к которым подключены датчики данного объекта.

Кроме этого, для раздельной индикации состояний датчиков каждого объекта одноименные выходы схем совпадений должны быть объединены и поданы на дополнительные общие индикаторы.

При отказе в работе любого из контролируемых объектов их номера отображаются на цифровых индикаторах, а причины отказов будут фиксироваться на дополнительных общих для всех объектов индикаторах.

Рассмотрим особенности схемного построения основных элементов данного устройства сигнализации.

Схема управления индикаторами (рис. 4.3) выполнена на транзисторах с $n-p-n$ переходами. Резистор R_0 ограничивает ток через индикаторы; $R_к$ — снижает разность потенциалов между анодом и катодами до величины, исключающей мерцание и слабое свечение индикаторов при закрытых транзисторах; $R_б$ — оп-

ределяет ток открывания транзистора при выключении запирающих напряжений в цепи базы; $R_{б1}$ — является нагрузкой выходов распределителей; $R_{б3}$ — стабилизирующий резистор в цепи базы.

Функциональная схема распределителей-формирователей номеров (десятков и единиц) объектов изображена на рис. 4.4. Основу распределителя составляет двоичный счетчик, выполненный на триггерах Тг1—Тг4.

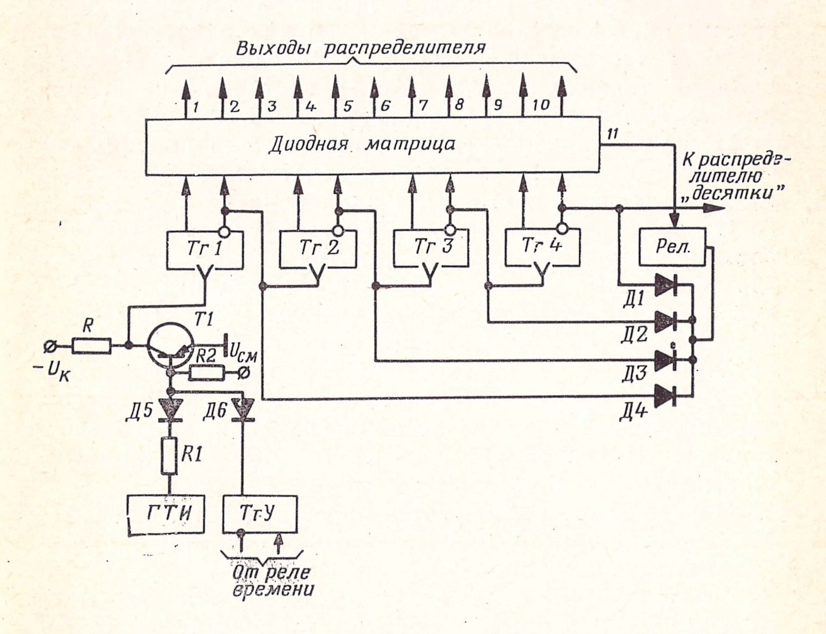


Рис. 4.4. Функциональная схема распределителя-формирователя номеров объектов

Тактовые импульсы на счетчик поступают от мультивибратора через ключевой транзистор *T1*, управляемый триггером ТгУ. Десятичные выходы распределителя получены с помощью диодной матрицы, одиннадцатый выход которой используется для принудительной установки счетчика в нулевое положение.

Импульс установки формируется релаксатором Р, а его передача на счетчик производится с помощью диодов *Д1* — *Д4*.

Длительность периода генератора тактовых импульсов мультивибратора $t_м$ выбирается из условия

$$t_м \leqslant \frac{t_{доп}}{m}, \qquad (4.1)$$

где $t_{доп}$ — допустимая задержка в обнаружении очередного отказа в работе объекта;

m — общее количество контролируемых объектов.

Распределитель поиска объектов в зависимости от общего их количества выполняется как однокаскадный делитель частоты по схеме регистра сдвига путем каскадного включения (делителей) счетчиков с координатным или матричным дешифраторами.

Принципиальная схема распределителя поиска объектов, выполненная по схеме счетчика импульсов с матричным дешифратором, изображена на рис. 4.5.

Основу распределителя составляет управляемый формирователями номеров объектов диодный дешифратор, в узловые точки пересечения координат («десятки» и «единицы») которого включены контактные датчики К1 — К100 объектов контроля.

Эмиттерные повторители на транзисторах *Т1 — Т10* и ключевые транзисторы *Т1′ — Т10′* обеспечивают поочередное включение питания на горизонтальные («десятки») и вертикальные («единицы») шины дешифратора.

Определение, например, неисправности объекта № 3, контактный датчик К3 которого замкнут, происходит следующим образом.

В момент времени, когда транзистор *Т1* открыт, а транзистор *Т3* закрыт, контактом *К3* снимается напряжение с общей выходной шины, соединенной с реле времени.

Этот перепад напряжения выключает тактовые импульсы распределителей-формирователей номеров объектов и разрешает засветку индикаторов номера данного объекта — 03.

Для отображения информации на табло пультов управления на низших ступенях, как правило, используются различные точечные, поверхностные и знаковые индикаторы.

Точечные и поверхностные индикаторы используются для подсветки надписей, мнемосхем и мнемознаков, а также в качестве индикаторов целеуказания.

Знаковые индикаторы обеспечивают отображение различной буквенно-цифровой информации, временных меток, а также могут применяться для создания мнемосхем и мнемознаков различной конфигурации.

Схемы управления индикаторами зависят от выбранного типа индикатора и способа формирования или воспроизведения знака.

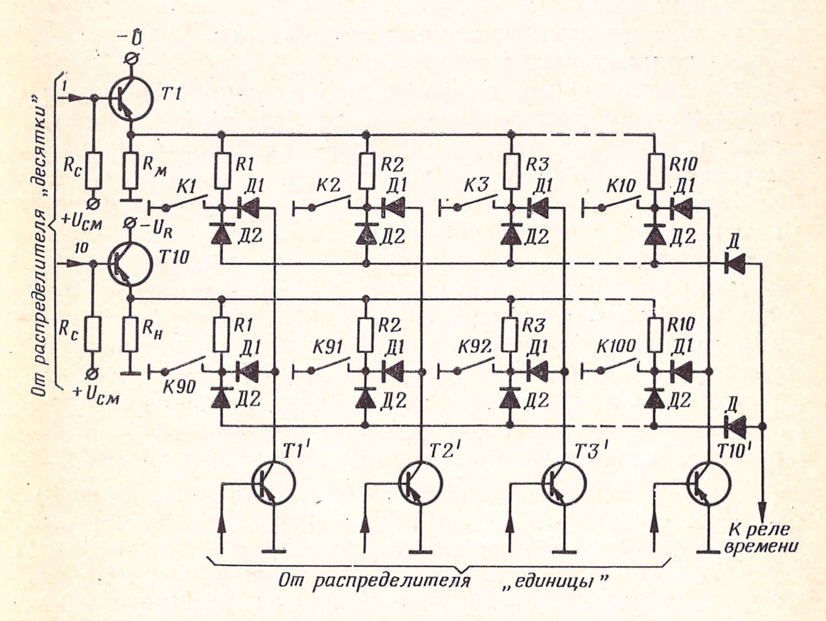


Рис. 4.5. Принципиальная схема распределителя поиска объектов

По способу воспроизведения знака индикаторы делятся на следующие группы:

— знакосинтезирующие мозаичные или полосковые индикаторы;

— индикаторы со знаковой конфигурацией электродов или экранов;

— индикаторы с управляемым лучом [17].

Индикаторы первой группы управляются параллельным включением соответствующих элементов индикатора, второй группы — последовательным включением требуемых для отображения знака электродов, третья группа индикаторов требует управления пере-

мещением и яркостью луча, воспроизводящего на экране нужную информацию.

Наибольшее распространение в настоящее время получили следующие типы точечных поверхностных и знаковых индикаторов:

— лампы накаливания;

— газоразрядные точечные и цифровые лампы с холодным катодом;

— электролюминесцентные индикаторы;

— индикаторы на светодиодах.

Перспективными, наиболее просто сопрягающимися с элементами схем управления на базе микроэлектроники являются электрохимические индикаторы и индикаторы на основе жидких кристаллов.

Практические схемы управления знаковыми индикаторами различного типа приведены в [17].

Процессы передачи информации на низших ступенях управления, связанные с резервированием, осуществлением контрольных измерений параметров и документированием (регистрацией) процессов контроля и управления в значительной мере зависят от кратности (соотношения количества рабочих и резервных комплектов) и схемы резервирования, степени готовности резерва, уровня автоматизации контрольных и регламентных измерений параметров объектов, а также требуемой точности документальной регистрации процессов контроля и управления.

Поэтому не представляется возможным выработать общие принципы передачи указанной информации.

В отношении общих требований, которым должны удовлетворять регистрирующие устройства, можно отметить, что последние должны обеспечивать:

— возможность регистрации процессов контроля и управления в реальном масштабе времени;

— наглядность отображения и простоту анализа результатов оператором;

— возможность дистанционного ввода результатов контроля в ЭВМ для их последующей обработки.

Известно значительное количество регистрирующих устройств для низших ступеней управления, основанных на различных технических принципах фиксации информации контроля и управления [35, 38, 42]. Наиболее распространенными из них являются электромеханические, перфораторные, ксерографические, магнит-

ные, магнитографические, фотографические, электрохимические, электротермические и электроискровые регистрирующие устройства.

Регистрация информации контроля и управления, предназначенной для последующего ее ввода и обработки с помощью ЭВМ, может производиться на магнитной ленте, перфоленте или перфокартах.

Запись указанной информации осуществляется в коде ЭВМ с отметкой времени регистрации при смене состояний объектов или их проверке, а команд и донесений — в моменты их передачи.

При этом также должны автоматически регистрироваться служебные признаки (начало, конец записи и др.), обеспечивающие дистанционный ввод и обработку информации с помощью ЭВМ.

Регистрация информации, предназначенной для непосредственного использования оператором в процессе эксплуатационного обслуживания технических средств, может производиться следующими способами:

— периодическим выводом на бланк регистрирующего устройства реальных состояний объектов и их параметров;

— выводом всей информации только в моменты смены состояний объектов;

— регистрацией только отклонившихся от норм параметров объектов.

Указанные способы записи информации при использовании регистрирующего устройства рулонного типа дают оператору наглядное отображение во времени процессов контроля и управления обслуживаемыми техническими средствами.

4.2. Передача и отображение информации на промежуточных ступенях управления

Как уже указывалось в главе 3, количество и роль промежуточных ступеней в иерархической системе управления определяется сложностью управляемого объекта и специфическими задачами, выполняемыми отдельными его элементами.

Основными задачами промежуточных ступеней управления являются:

— контроль функционирования и управление взаимосвязанными техническими устройствами, выполняющими определенный круг задач;

— руководство техническим персоналом, обслуживающим комплексы аппаратуры данной подсистемы;

— организация взаимодействия между собой низших ступеней управления как входящих в данную подсистему управления, так и смежных с ней;

— изменение режимов работы подсистемы в целом или ее отдельных элементов в соответствии с указаниями верхних ступеней управления или другими обстоятельствами;

— обработка и обобщение данных о функционировании управляемых объектов и выдача на этой основе рекомендаций на верхние ступени управления по дальнейшему совершенствованию их режимов работы;

— передача обобщенных данных о состоянии объектов управления и их функционировании на верхние ступени управления, прием и исполнение поступающих от них команд управления.

Структурная схема промежуточной ступени управления и функциональные связи ее элементов представлены на рис. 4.6.

Техническое оснащение промежуточных ступеней управления, как правило, должно быть рассчитано на обеспечение нормальных условий работы нескольких операторов (по специализациям управления однотипными средствами на низших ступенях).

В состав технических средств автоматизации процессов управления, используемых на промежуточных ступенях, могут входить специализированные или универсальные ЭВМ для обработки информации о функционировании управляемых объектов и выдачи вариантов решений по управлению данной подсистемой при возникновении аварийных ситуаций или изменившихся задачах; устройства сбора данных о состоянии управляемых объектов; устройства передачи команд управления, данных о состоянии подсистемы в вышестоящие ступени управления и информации взаимодействия со смежными системами; групповые устройства отображения информации о состоянии управляемых объектов; пульты управления операторов; документирующие устройства общего и специального назначения и другие средства оргтехники.

Информационные процессы на данной ступени управления представляют собой прием сигналов о состоянии технических средств низших звеньев управления,

передачу команд управления и сигналов взаимодействия нижестоящим и смежным ступеням управления, передачу обобщенных данных о функционировании управляемых объектов на верхние ступени управления, прием и исполнение поступающих от них команд и распоряжений.

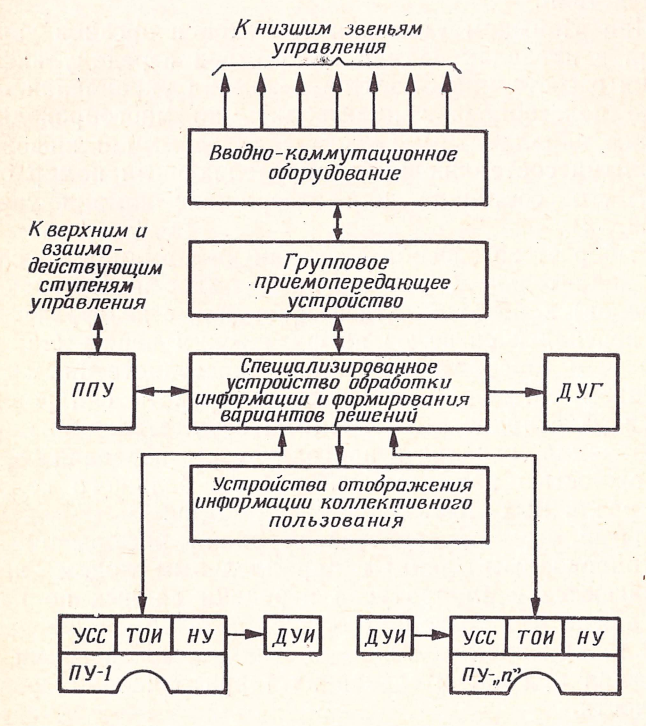


Рис. 4.6. Структурная схема промежуточной ступени управления:

ПУ — пульт управления; УСС — устройство служебной связи; ТОИ — табло отображения индивидуального пользования; НУ — наборное устройство; ДУИ — документирующее устройство индивидуального пользования; ДУГ — документирующее устройство группового пользования; ППУ — приемопередающее устройство

Наибольший объем информации в рассматриваемых процессах обычно составляет передача сигналов о техническом состоянии и режимах работы управляемых объектов.

В ряде систем управления техническими комплексами промежуточные ступени управления, как правило, территориально размещены в районе сосредоточения самих объектов управления. Это обстоятельство существенно упрощает решение задач сбора информации о функционировании объектов и передачи управляющих воздействий.

При взаимном удалении объектов и органов управления в пределах единиц километров передачу информации о состоянии объектов и команд управления наиболее целесообразно производить по многопроводным линиям параллельным кодом с адресными и информационными составляющими, определяющими номер объекта, его состояние или содержание команд управления.

Выбор этого способа передачи информации обусловлен значительным сокращением емкости (количества проводов) кабельной сети в сравнении с непосредственной передачей сигналов по физическим цепям (так называемым способом передачи с пространственным разделением сигналов), простотой устройств синхронизации и однотипностью элементов, осуществляющих преобразование сигналов в пригодную для передачи форму, возможностью параллельной работы большого количества различных приемников информации.

Кроме этого, устройства передачи информации по многопроводным линиям параллельным кодом легко сопрягаются с аппаратурой передачи данных по каналам связи, что позволяет осуществить обмен информацией между промежуточными и высшими звеньями управления при значительной их территориальной разобщенности.

Экономичность в использовании кабеля при передаче параллельным кодом в сравнении с пространственным разделением передаваемых сигналов определяется соотношением

$$\alpha = \frac{N}{1 + \frac{|\log_2 N|}{m}}, \qquad (4.2)$$

где N — количество объектов управления;
m — количество контролируемых состояний объекта;
$|\log_2 N|$ — ближайшее к $\log_2 N$ большее целое число.

Возможны следующие способы передачи информации (телесигнализации) о состоянии объектов по многопроводным линиям параллельным кодом:

— асинхронная кодово-адресная передача информации о смене состояний объектов;

— синхронная кодово-адресная передача состояний объектов управления;

— поочередная во времени передача информации от каждого из объектов;

— поочередная передача состояний объектов с формированием адресных комбинаций в устройствах приема сигналов.

Рассмотрим принципы построения и области применения устройств телесигнализации по многопроводным линиям, основанных на использовании указанных способов передачи сигналов.

Асинхронно-адресный способ передачи информации может быть использован для передачи сигналов в системах, в которых потоки информации управления являются простейшими, а интенсивность сигналов не превышает некоторой величины, при которой появление совпадения сигналов во времени не вызывает снижение вероятности ложного набора сигнала ниже заданной нормы.

Структурная схема устройства передачи информации контроля асинхронно-адресным способом изображена на рис. 4.7.

Как видно из рисунка, при срабатывании контактных датчиков К1 — К3 в случае неисправности или при восстановлении контролируемых объектов дифференцирующее устройство ДУ1 формирует в моменты смены состояний объектов импульсные сигналы, вызывающие кратковременное срабатывание электронных ключей ЭК1.

Последние через шифратор Ш1 создают в кабеле передачи комбинации параллельно передаваемых импульсов, несущих информацию о номере объекта и характере изменения его состояний.

С помощью приемного устройства производится преобразование вышеуказанной информации в форму, пригодную для работы соответствующего выводного или управляющего устройства.

Принципиальная схема узла формирования адресного сигнала при асинхронной передаче изображена

на рис. 4.8. Процесс формирования сигнала происходит следующим образом.

Контактный датчик *К* объекта контроля вызывает срабатывание реле *Р*. При этом одна из групп контактов реле *Р* производит подключение дифференцирующего конденсатора *С1* к базам транзисторов *Т1* и *Т2*,

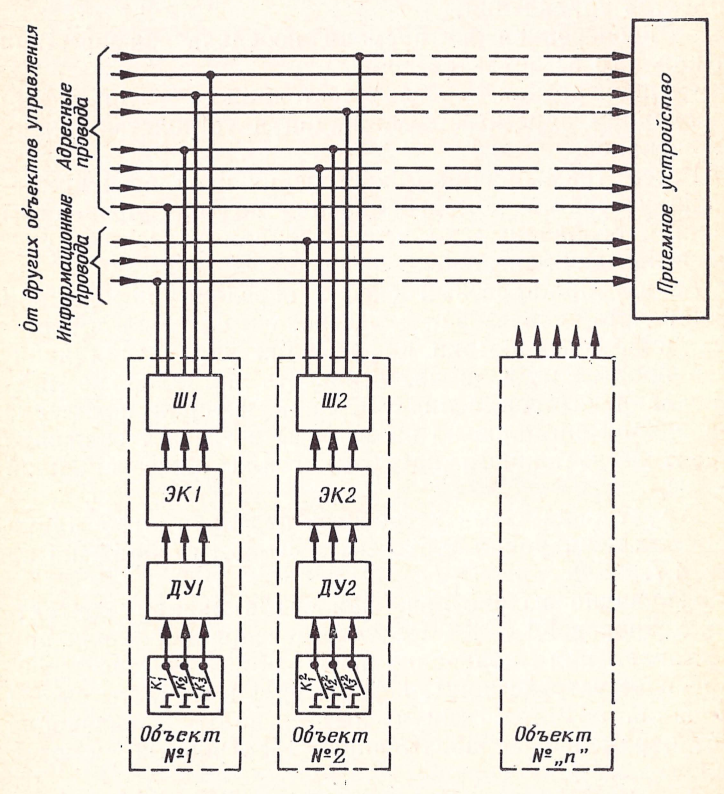


Рис. 4.7. Структурная схема устройства передачи информации контроля асинхронно-адресным способом

формирующих в коллекторных цепях с помощью диодных матриц *Д3 — Д8* кодовую комбинацию номера данного объекта и причины отказа в его работе.

При восстановлении объекта вторая группа контактов реле с помощью конденсатора *С2*, транзисторов *Т1*, *Т3* и диодных матриц *Д3 — Д7* и *Д9* формирует ком-

бинацию импульсов, несущих информацию о восстановлении объекта.

Таким образом, при разряде дифференцирующих конденсаторов *C1* и *C2* в коллекторных цепях транзисторных ключей происходит преобразование сигналов контактных датчиков в импульсную форму.

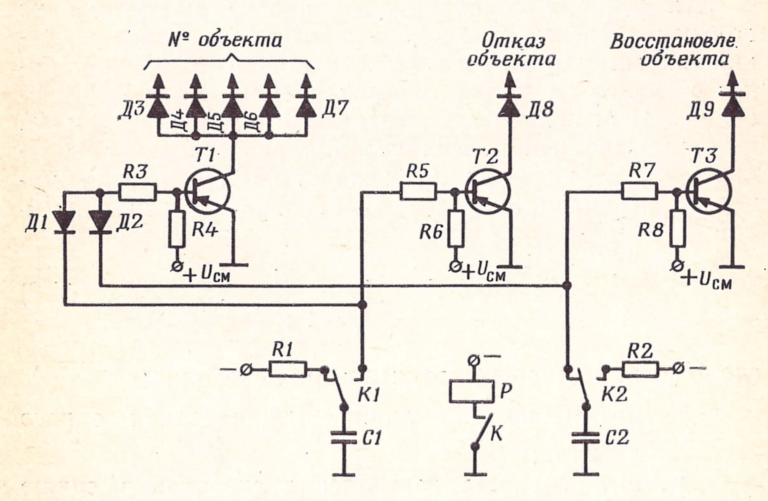


Рис. 4.8. Принципиальная схема узла формирования адресного сигнала при асинхронной передаче

Параметры дифференцирующей цепи — конденсатор *C1*, резистор *R3* — должны удовлетворять двум условиям:

— обеспечивать формирование импульса заданной длительности (определяемой верхней граничной частотой полосы пропускания выбранного кабеля передачи);

— создавать токи в базовых цепях транзисторов, достаточные для их насыщения при соответствующей коллекторной нагрузке (числе приемников информации, подключенных к данному кабелю).

Длительность импульса сигнала, передаваемого по кабелю, есть величина обратная верхней граничной частоте, на которой еще нормируются его параметры.

При расчете величины тока базы, необходимой для обеспечения насыщения транзистора, следует учитывать зависимость коэффициента усиления транзистора в режиме переключения от степени насыщения.

Как уже указывалось ранее, асинхронно-адресная передача сигналов параллельным кодом по многопроводным линиям связи возможна при условии, что поток сигналов является простейшим, т. е. он одновременно обладает свойствами стационарности, ординарности и отсутствия последействия.

Эти условия означают, что параметры потока не должны зависеть от времени и от числа ранее поступивших сигналов, а вероятность появления двух и более сигналов за малый отрезок времени Δt есть бесконечно малая величина более высокого порядка, чем Δt.

При выполнении этих условий вероятность появления ложной информации вследствие совпадения моментов передачи сигналов будет определяться формулой

$$P_л = 1 - P_0 = 1 - \frac{1}{1 + \frac{\lambda}{\nu}}, \qquad (4.3)$$

где P_0 — вероятность того, что линия свободна;

$\frac{\lambda}{\nu}$ — время занятия линии для передачи одного сигнала;

ν — интенсивность поступления сигналов в линию передачи.

Недостаток асинхронно-адресного способа передачи, заключающийся в невозможности его применения для передачи группированных по времени появления сигналов, существенно ограничивает практическое использование этого способа в системах телеуправления и телесигнализации, информация в которых сильно коррелирована во времени.

Упорядочение во времени процесса передачи сигналов контроля по многопроводным линиям можно осуществить двумя способами:

— путем периодического адресного запроса центральным устройством состояния объектов управления;

— распределением во времени передачи информации от каждого из объектов осуществляемым устройством синхронизации.

Структурная схема устройства передачи информации контроля с адресным запросом объектов изображена на рис. 4.9.

В этой схеме с помощью устройства формирования адреса запрашиваемого объекта по адресным проводам в линию передаются кодовые комбинации номеров объектов.

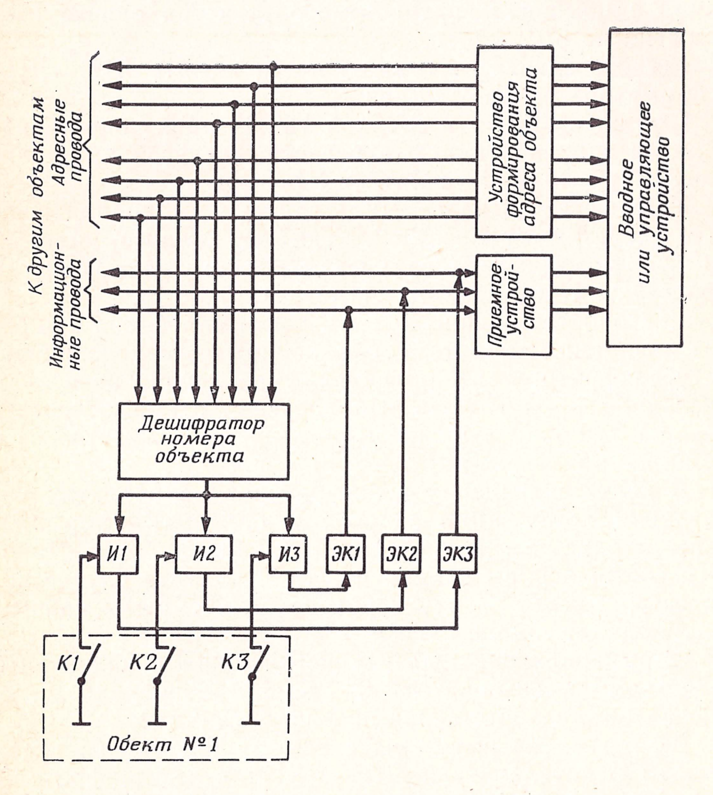


Рис. 4.9. Структурная схема устройства передачи информации контроля с адресным запросом объектов

К этим же проводам подключены дешифраторы адресных комбинаций, выходные сигналы от которых с помощью схем совпадений И1 — И3 и электронных ключей ЭК1 — ЭК3 выдают в информационные провода сигналы о состоянии контактных датчиков К1 — К3 объекта управления.

Одновременно информация о номере объекта и состоянии его датчиков контроля подается на выводное или управляющее устройство. Формирование запросных

комбинаций может быть осуществлено с помощью рекуррентного регистра сдвига или по схеме «распределитель — шифратор».

Структурная схема формирователя запросных комбинаций с помощью рекуррентного регистра сдвига изображена на рис. 4.10, *а*.

Регистр сдвига состоит из ячеек памяти ЯП1—ЯП*n* и сумматора по модулю два.

Схемой «запрет» и сборкой ИЛИ2 производится начальная запись единицы в регистр; согласование с линией осуществляют усилители У1 — У*n*.

Количество выдаваемых кодовых комбинаций данным регистром равно 2^{n-1}, где n — количество ячеек памяти в регистре (без учета вспомогательных ячеек при двухтактном питании регистра).

Достоинством данной схемы формирования запросов является ее простота, однако при этом усложняются дешифраторы на объектах управления, поскольку последние должны быть выполнены по схеме, обеспечивающей выборку любой комбинации из множества 2^{n-1} комбинаций.

В целях упрощения дешифраторов на объектах управления комбинаций запроса могут быть сформированы с заданными свойствами (например, с постоянным соотношением единиц и нулей). В этом случае количество диодов в дешифраторе может быть равным числу единиц в коде адреса.

Формирование запросных комбинаций с заданными свойствами производится по схеме «распределитель — шифратор», изображенной на рис. 4.10, *б*.

В этой схеме импульсы с выхода каждой из ячеек памяти распределителя ЯП1 — ЯП*n* через шифраторы Ш1 — Ш*n* подаются на входы соответствующих усилителей У1 — У*n*.

Каждый из шифраторов Ш1 — Ш*n* производит преобразование одиночного импульса с выхода распределителя в комбинацию параллельного кода с заданным соотношением единиц и нулей, а усилители У1 — У*n* обеспечивают передачу кодовых комбинаций импульсов в адресные провода.

Следует отметить, что при использовании адресных комбинаций с заданным соотношением единиц и нулей количество адресных проводов должно быть увеличено на некоторую величину $m - n$, где n и m соответ-

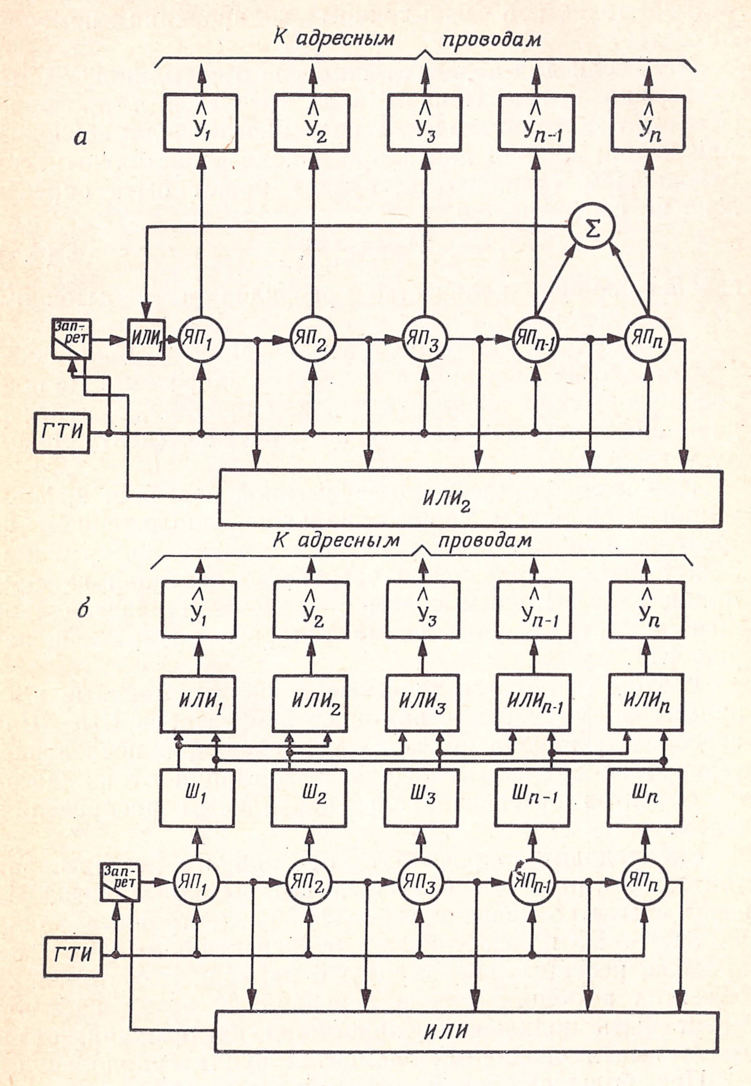


Рис. 4.10. Структурные схемы формирователей запросных комбинаций:

а — с помощью рекуррентного регистра сдвига;
б — по схеме «распределитель — шифратор»

ственно количество проводов для запроса объектов при безызбыточном и избыточном кодировании номеров объектов.

Так, если для передачи запросов о состоянии N объектов при безызбыточном коде требуется n проводов $|n = \log_2 N|$, то увеличение потребного числа проводов при использовании для запроса кода с постоянным соотношением «единиц» и «нулей» может быть определено по соотношению

$$2^n = C_m^{m-k}, \quad (4.4)$$

где m — общее количество разрядов в избыточном коде;

k — количество единиц в запросных комбинациях.

Устройства передачи с адресным запросом источников информации используются, как правило, для передачи информации к одному потребителю (центральному устройству).

При необходимости одновременной передачи информации нескольким территориально расположенным в пределах пункта управления приемникам информации может быть использовано устройство передачи информации параллельным кодом с временным разделением сигналов, структурная схема которого изображена на рис. 4.11.

В этом устройстве адресные и информационные импульсы формируются с помощью шифраторов Ш1—Шn непосредственно на объектах управления, а последовательная во времени передача информации от каждого из объектов обеспечивается специальным распределителем.

Распределитель работает от единого генератора тактовых импульсов (ГТИ), а его выходные сигналы через схемы совпадений И1 — Иn и электронные ключи ЭК1 — ЭКn обеспечивают поочередную выдачу импульсов, несущих информацию о номерах и состояниях объектов в общий кабель передачи. К этому кабелю могут быть подключены приемники информации, размещаемые в различных элементах пункта управления.

При большом количестве объектов управления в целях сокращения проводов и упрощения аппаратуры передачи сигналов о состоянии объектов может быть использовано устройство телесигнализации (рис. 4.12), у которого формирование адреса объекта производится

непосредственно в приемнике информации. Данное устройство телесигнализации работает следующим образом.

С помощью распределителя импульсов через схемы совпадений И′1 — И′n производится поочередное считывание информации с контактных датчиков $К_1$ — $К_n$

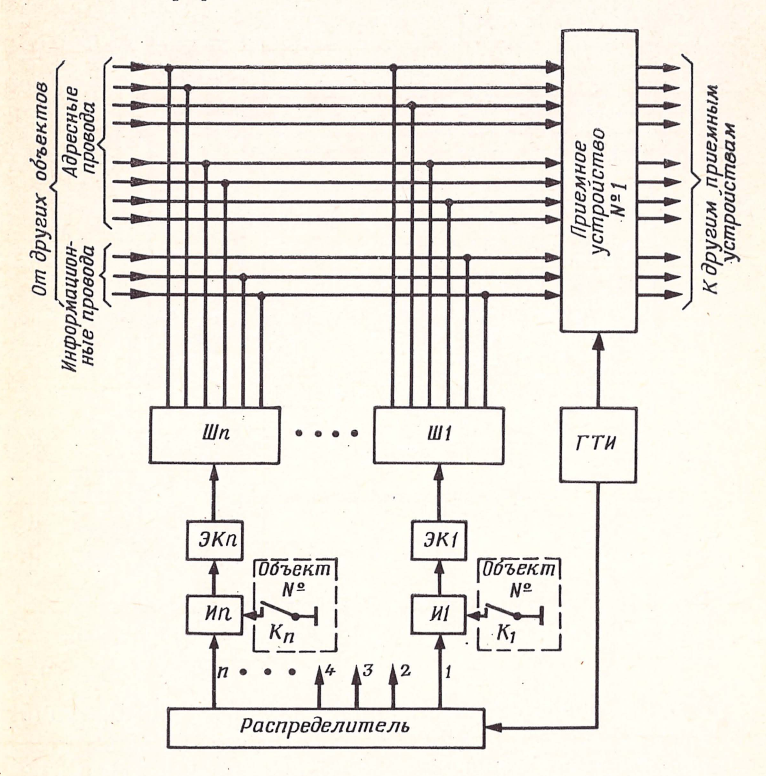


Рис. 4.11. Структурная схема устройства передачи информации контроля параллельным кодом с временным разделением сигналов

соответствующих объектов управления и через электронные ключи ЭК1 — ЭКn — передача сигналов о состоянии объектов во входной регистр приемного устройства.

При этом с каждым тактом работы распределителя в приемном устройстве формируются адресные комбинации, соответствующие номеру опрашиваемого объек-

та. Формирователь адреса может быть выполнен на основе двоичного, двоично-десятичного счетчиков или рекуррентного регистра сдвига.

Начальное фазирование (установка первого отсчетного номера) формирователя адреса и распределителя производится схемой фазирования (СФ) одновременно.

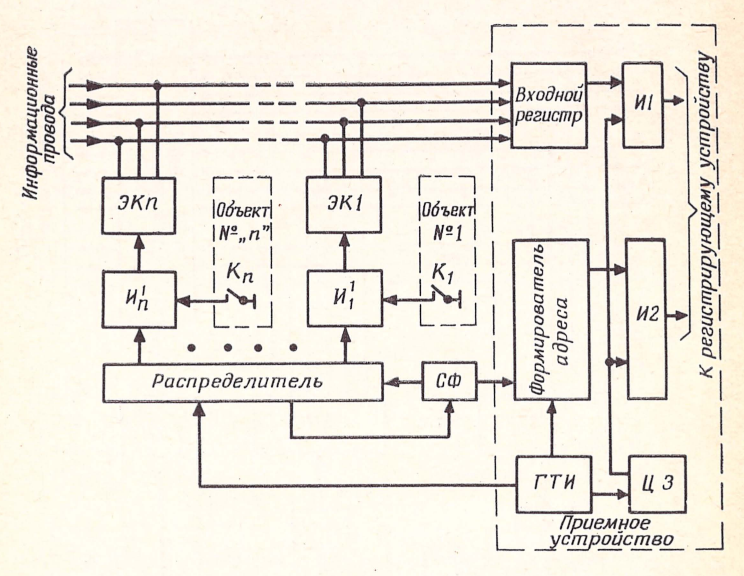


Рис. 4.12. Структурная схема устройства телесигнализации с формированием адреса объекта в приемнике информации

Выдача информации в виде кодовых комбинаций номеров объектов и причин их отказов производится через выходные ключевые схемы совпадений И1 и И2. Разрешающие импульсы на указанные схемы совпадений для исключения выдачи сигналов в моменты смены состояний формирователя адреса и входного регистра подаются от генератора тактовых импульсов (ГТИ) через цепь задержки (ЦЗ).

Надежная работа устройства передачи сигналов при подключении к общему тракту передачи большого количества передатчиков и приемников информации достигается в основном за счет выполнения следующих условий:

— обеспечения независимости входного сопротивления тракта передачи от количества подключенных датчиков как со стороны источников, так и со стороны приемников информации;

— контроля исправности цепей передачи информации и функциональных узлов устройства.

Выполнение этих условий также позволит исключить регулировку отдельных элементов передающих и приемных устройств и обеспечит своевременное восстановление отказавших схемно-конструктивных блоков.

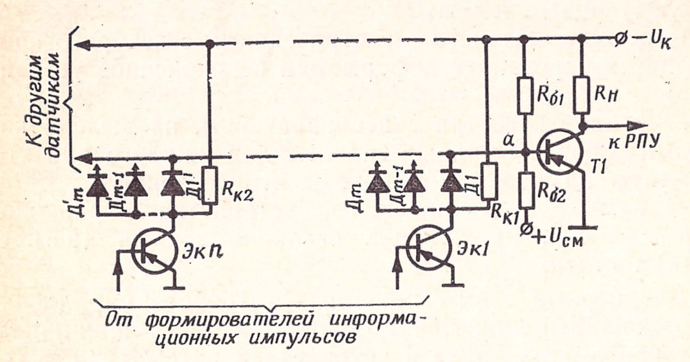


Рис. 4.13. Принципиальная схема подключения отдельных элементов передающих и приемных устройств к общему проводу передачи сигналов

На рис. 4.13 изображена схема подключения отдельных элементов передающих и приемных устройств к общему проводу передачи сигналов.

Питание соответствующих устройств тракта передачи сигналов производится от общего источника постоянного тока.

Постоянство входного сопротивления в данной схеме обеспечивается за счет подачи от дополнительного источника питания запирающего напряжения на коллекторные цепи ключевых транзисторов ЭК1 — ЭК*n*.

При условии, что $R_{б1} \ll R_{к1}$ и $R_к \ll R_т$ ($R_т$ — сопротивление закрытого транзистора) потенциал точки «*а*» практически не будет зависеть от количества подключенных через транзисторные ключи датчиков сигналов.

Поэтому перепад напряжения в точке «*а*» при срабатывании электронных ключей будет постоянным, что

обеспечивает устойчивую работу входного транзистора *T1* приемного устройства.

Проверка исправности проводов и электронных ключей может производиться периодической передачей контрольной информации в каждом цикле опроса датчиков.

Приемные устройства в системах передачи информации параллельным кодом могут быть выполнены в зависимости от типа оконечного устройства (ЭВМ, регистрирующее устройство, табло отображения и т. д.) по следующим схемам:

— в виде обычного регистра сдвига, с которого производится перезапись информации на оконечное устройство;

— в виде регистра с дешифратором, на выходе которого включены индивидуальные для каждого объекта элементы памяти и индикаторы его состояний;

— в виде запоминающего устройства с равнодоступными для приходящих сигналов зонами (регистрами) памяти.

Две первые схемы приемных устройств параллельного кода выполняются по общеизвестным принципам построения этих узлов в устройствах автоматики и телемеханики.

При этом опорная частота для синхронизации работы всех элементов приемника должна задаваться оконечным устройством.

Для визуального отображения информации о состоянии объектов в приемных устройствах, выполненных по первой и второй схемам, могут быть использованы способы отображения, изложенные в разделе 4.1.

Однако при большом количестве контролируемых объектов на ряде промежуточных звеньев управления необходимо применять более совершенные способы приема и регистрации информации, а в ряде случаев использовать и машинные методы обработки и отображения информации о состоянии контролируемых объектов.

Ниже будет рассмотрен один из способов запоминания и отображения данных о состоянии объектов управления, основанный на использовании для этих целей запоминающего устройства (ЗУ) с равнодоступными зонами (регистрами) памяти.

В таком ЗУ количество зон памяти будет равно числу одновременно отказавших объектов, а емкость (число разрядов) каждой зоны будет определяться количеством контролируемых объектов и сигналов о техническом состоянии каждого из них.

Структурная схема приемного устройства, основанного на использовании ЗУ с равнодоступными зонами памяти, изображена на рис. 4.14.

Приемное устройство работает следующим образом.

Поступающий на вход ЗУ сигнал о смене состояния каждого из контролируемых объектов в виде кодовых комбинаций номера объекта и номера отклонившегося от нормы параметра нормализуется входным усилителем и запоминается промежуточным регистром.

Одновременно с помощью распределителя ввода осуществляется поиск свободного регистра, в который затем производится перезапись информации с промежуточного регистра.

Запуск и остановку распределителя ввода обеспечивают соответственно формирователи пускового (ФПИ) и стопового (ФСИ) импульсов.

Пусковой импульс формируется при изменении состояния входного усилителя, стоповый — схемами совпадения, фиксирующими идентичность состояний промежуточного и одного из равнодоступных регистров, на который переписана поступившая информация.

Для нормальной работы приемного устройства необходимо выполнение следующего условия

$$t_n < t_{i_р} \cdot K_р, \qquad (4.5)$$

где t_n — период поступления информационных кодовых комбинаций на вход приемного устройства;

$t_{i_р}$ — период следования тактовых импульсов распределителя ввода;

$K_р$ — коэффициент деления частоты тактовых импульсов распределителем ввода.

Это условие означает, что периодичность поступления информации на вход приемного устройства не должна превышать максимального времени поиска свободного регистра.

В случае ввода в ЗУ повторной информации о данном объекте поиск нужного регистра производится путем сравнения (с помощью схем совпадения И1 — Иn)

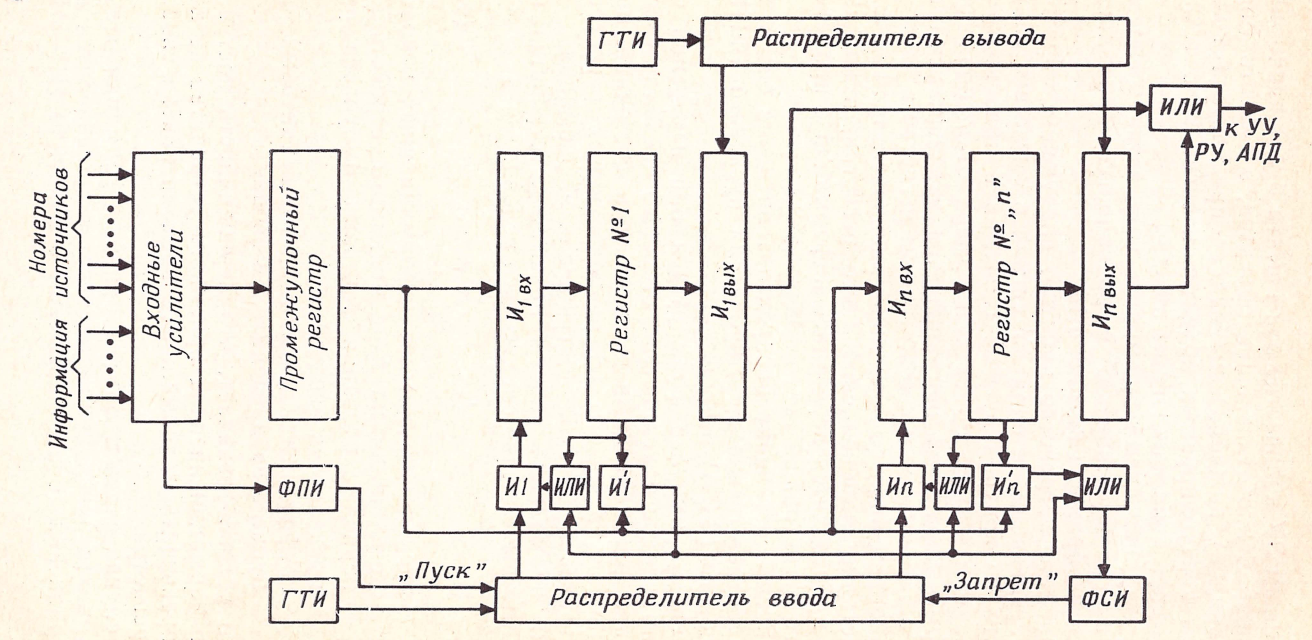


Рис. 4.14. Структурная схема приемного устройства с ЗУ из равнодоступных регистров памяти

кодов промежуточного и равнодоступных регистров, а разрешение переписи через входной ключ дает соответственно сигнал со схемы совпадений состояний регистров.

Информация, хранящаяся в регистрах ЗУ, может быть отображена непосредственно на индикаторах состояний регистров, выведена (с помощью распределителя вывода) на управляющее или регистрирующее устройство или подана на вход аппаратуры передачи данных для передачи информации в вышестоящие звенья управления.

Сложность и стоимость приемного устройства с равнодоступными регистрами памяти в первом приближении пропорциональны количеству запоминаемых им сигналов.

Поэтому выигрыш по затратам на его создание в сравнении с приемником, в котором с помощью индивидуальных для каждого объекта зон памяти фиксируются все возможные состояния каждого из контролируемых объектов, будет определяться соотношением

$$\eta = \frac{Nm}{(k + m)\bar{n}}, \qquad (4.6)$$

где N — общее количество контролируемых объектов;
m — количество различных сигналов о причинах отказа одного объекта;
k — количество разрядов в числе N;
$\bar{n}$ — среднее количество одновременно отказавших объектов.

Как следует из формулы, выигрыш по затратам при использовании в приемном устройстве ЗУ с равнодоступными зонами памяти будет возрастать с увеличением соотношения $\frac{N}{\bar{n}}$ и количества различных аварийных сигналов m о каждом объекте при условии, что $N \gg m$.

Применение в приемном устройстве ЗУ с равнодоступными регистрами памяти позволяет решить и такую важную с точки зрения упрощения аппаратуры передачи данных о состоянии объектов в высшие звенья управления и снижения загрузки каналов связи задачу «сжатия» контрольной информации до минимальной величины, определяемой только числом неисправных объектов.

Количество равнодоступных зон памяти в ЗУ, необходимых для фиксации отказов в работе объектов при известных общем количестве объектов и средней интенсивности потока их отказов, может быть определено с помощью математического аппарата теории массового обслуживания по заданной вероятности фиксации (обслуживания) запоминающим устройством сигналов о неисправностях контролируемых объектов.

Если поток сигналов об отказах объектов является простейшим, вероятность фиксации в ЗУ отказа объектов будет определяться соотношением [28]

$$P_{ф} = \frac{R(n-1, \alpha)}{R(n, \alpha)}, \tag{4.7}$$

где $R(n, \alpha) = \sum_{k=0}^{n} \frac{\alpha^k}{k!} e^{-\alpha}$ — распределение Пуассона;

n — количество зон памяти в ЗУ;

α — среднее число сигналов, поступающих в ЗУ за среднее время восстановления одного неисправного объекта.

Задаваясь требуемой величиной $P_{ф}$, по формуле (4.7) методом последовательного приближения можно определить требуемое количество n зон памяти в ЗУ.

Практический интерес представляют и следующие характеристики рассматриваемого ЗУ:

k — среднее число занятых аварийными сигналами зон ЗУ, определяемое по формуле

$$k = \alpha P_{ф}; \tag{4.8}$$

— вероятность того, что ЗУ полностью занято ($P_{п.з}$):

$$P_{п.з} = 1 - P_{ф}; \tag{4.9}$$

— среднее время полного занятия ЗУ аварийными сигналами ($t_{п.з}$):

$$t_{п.з} = \frac{1}{n\mu}, \tag{4.10}$$

где μ — интенсивность потока фиксируемых ЗУ сигналов об отказах объектов (интенсивность потока обслуживания).

Пользуясь изложенной методикой расчета и таблицами распределений Пуассона, приведенными в [28], определим количество зон памяти и другие вероятностные характеристики ЗУ, используемого, например, для телесигнализации о неисправных объектах при различных общем количестве и средних коэффициентах исправного действия (КИД) объектов, а также различной допустимой величине вероятности фиксации в ЗУ всех отказов в их работе.

Результаты расчетов вероятностных характеристик таких систем с числом объектов, равным 100 и 200, показывают, что для фиксации 90% времени всех отказов в работе 100 объектов с КИД, равным 0,9, достаточно ЗУ емкостью в 12 равнодоступных регистров памяти, а для фиксации отказов 200 объектов при тех же условиях — ЗУ емкостью в 20 регистров.

Среднее число занятых зон ЗУ и среднее время полного занятия ЗУ в соответствии с формулами 4.8, 4.10 будут равны $k=9$, $t_{п.з}=2{,}5$ мин для 100 объектов и $k=17$, $t_{п.з}=1{,}4$ мин для 200 объектов.

Следует отметить, что при одинаковой величине вероятности фиксации контрольной информации с увеличением количества объектов соотношение $\frac{N}{n}$ возрастает, т. е. применение ЗУ с равнодоступными регистрами памяти становится более эффективным с ростом количества контролируемых объектов.

При практическом использовании ЗУ с равнодоступными зонами памяти необходимо принимать меры по обеспечению нормальной работы приемных устройств при массовых отказах объектов.

Возможны в зависимости от назначения приемного устройства следующие варианты решения этой задачи:

— подключение к ЗУ дополнительных регистров памяти из общего для данного уровня управления резерва элементов памяти;

— снижение скорости ввода и отображение номеров неисправных объектов на промежуточном регистре;

— исключение из общего числа контролируемых объектов менее важных объектов или объектов, на восстановление которых требуется продолжительное время.

И еще одно важное обстоятельство нужно учитывать при передаче с данного ЗУ информации в высшие звенья управления.

Поскольку в ЗУ хранится информация только об отказавших объектах, поэтому без периодической передачи на высшие звенья управления всей информации о состоянии объектов может по ряду причин наступить несоответствие данных о действительном состоянии объектов в различных звеньях управления.

Такую передачу всей информации о состоянии объектов можно производить путем периодического подключения входа аппаратуры передачи к промежуточному регистру.

Периодичность передачи на высшие ступени управления информации о состоянии всех объектов будет зависеть от требуемой для принятия решений достоверности приема информации и от реальной надежности технических средств системы управления. Чем ниже требования к достоверности информации и надежнее средства управления, тем реже будет возникать необходимость обновления всей информации на высших ступенях управления.

Рассмотрим более подробно работу основных элементов приемного устройства с ЗУ из равнодоступных регистров памяти при вводе и отображении в нем информации о состоянии технических объектов (рис. 4.15).

Пусть на вход приемника поступают в параллельном коде положительные импульсы о смене состояний контролируемых объектов в виде n-значных номеров объектов с m количеством их состояний.

Поскольку каждый из двоичных разрядов кодовых комбинаций номеров объектов и сигналов об их состоянии в рассматриваемом устройстве принимается по однообразным алгоритмам, поэтому на схеме рис. 4.15 показаны только элементы приемника двух разрядов кодовых комбинаций номеров объектов и двух сигналов «Норма» и «Авария», характеризующих их состояние.

Прием кодовой комбинации номера объекта и, например, сигнала «Авария» этого объекта в предположении, что равнодоступный регистр памяти (триггеры Тг8 — Тг10) свободен, происходит следующим образом.

При воздействии положительных импульсов от передающего устройства на базовые цепи входных усилителей, выполненных на транзисторах *T1* — *T4*, в их кол-

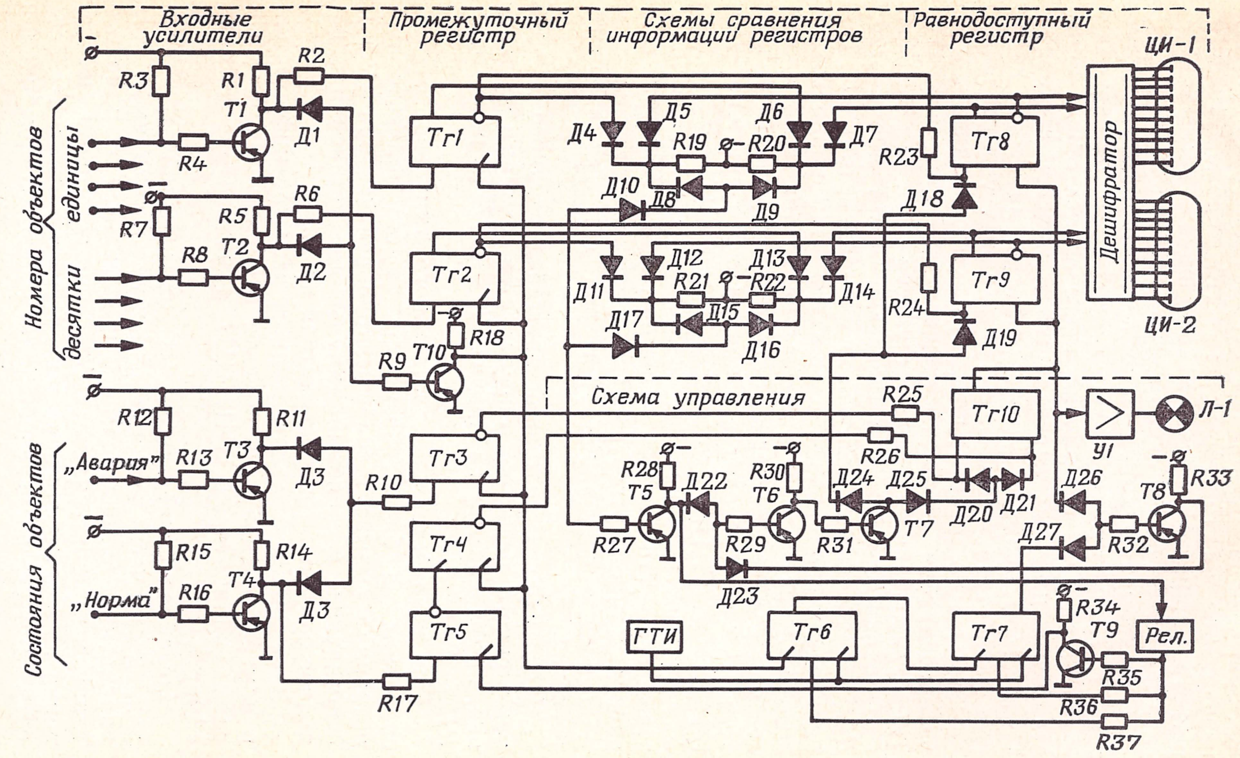


Рис. 4.15. Принципиальная схема ввода информации в приемник из равнодоступных регистров памяти

лекторных цепях возникают отрицательные импульсы, передающие на триггеры Тг1 — Тг5 промежуточного регистра принятую кодовую комбинацию номера объекта и сигнала об аварийном его состоянии.

Одновременно импульсы с коллекторов транзисторов *Т1*, *Т2*, воздействуя через диоды *Д1*, *Д2* на базу транзистора *Т10*, формируют в его коллекторной цепи стартовый импульс, переводящий в нулевое состояние те триггеры промежуточного регистра, на входы которых не поступают импульсы от входных усилителей.

Кроме того, стартовый импульс производит запуск распределителя ввода, состоящего из триггеров Тг6, Тг7 и генератора тактовых импульсов ГТИ.

При одновременном воздействии через диоды *Д26*, *Д27* положительных импульсов с выходов триггера Тг7 распределителя ввода и с триггера Тг10 равнодоступного регистра на базу транзистора *Т8* ток с его коллекторной нагрузки через диод *Д23* открывает транзистор *Т6*, что переводит в закрытое состояние ключевой транзистор *Т7*. При этом через диоды *Д18 — Д21*, *Д24*, *Д25* снимается запирающее напряжение с входов триггеров Тг1 — Тг8 и через резисторы *R23 — R25* триггеры равнодоступного регистра переводятся в состояние, совпадающее с состоянием триггеров Тг1, Тг2 входного регистра.

Идентичность состояний триггеров входного и промежуточного регистров определяется схемами сравнения, выполненными на диодах *Д4 — Д17* и резисторах *R19 — R22*.

При воздействии положительного импульса со схем сравнения на базу транзистора *Т5* его коллекторный потенциал вызывает срабатывание релаксатора (Рел.), формирующего стоповый импульс для установки в исходное состояние распределителя ввода.

Записанная в равнодоступном регистре информация о номере неисправного объекта отображается на цифровых индикаторах ЦИ1, ЦИ2 и индикаторе сигнала «Авария» *Л1*.

Преобразование выходных напряжений триггеров равнодоступного регистра в форму, необходимую для управления индикаторами, производится с помощью дешифратора и усилителя У1. При повторном поступлении на вход приемника информации об этом же объекте импульс разрешения записи кодовой комбинации

на промежуточный регистр формируется схемами сравнения состояний регистров и транзистором *Т5*.

В случае передачи информации о восстановлении нормального состояния объекта приемное устройство срабатывает в таком же порядке. При этом запись на равнодоступный регистр состояния «Норма» производится триггером Тг4 от воздействия на его вход сигнала от буферного триггера Тг5, управляемого транзистором *Т9*.

Гашение индикаторов номера объекта и его состояния происходит в результате перехода триггера Тг10, в котором до этого запоминался сигнал «Авария», в противоположное состояние.

Освободившийся равнодоступный регистр может быть использован для отображения аварийного состояния другого объекта.

Подключение дополнительных равнодоступных регистров к промежуточному регистру осуществляется по схеме, аналогичной подключению первого регистра; соответственно также должно быть увеличено количество триггеров в распределителе ввода и элементов в схеме управления.

Одним из важных вопросов, который необходимо решать при построении устройств передачи информации о функционировании взаимосвязанных технических комплексов, является обеспечение постоянства адресной части информации об изменении состояний объектов, обеспечивающих решение определенного круга задач, при замене отказавшего оборудования резервным или изменение адресной части при использовании оборудования для решения других задач.

Технические пути решения данного вопроса зависят от способа и требуемой оперативности передачи информации.

При пространственном разделении сигналов постоянство местоположения выходной информации обеспечивается включением в сигнальные цепи полнодоступных коммутационных устройств, при адресной передаче — путем изменения адреса в шифрующих или дешифрующих блоках соответствующей аппаратуры передачи информации о состоянии технических средств.

При большом количестве объектов управления и высоких требованиях к оперативности перестройки системы адресования информации о состоянии объектов,

высоких требованиях к скорости передачи, обработки и отображения информации возможно также программное решение вышеуказанной задачи с помощью средств вычислительной техники.

При этом в ЭВМ должны вводиться исходные данные о номерах соответствующих комплектов оборудования, а также своевременная информация об их замене или изменении задачи.

Постоянство адресной части выходной информации, выдаваемой ЭВМ о ходе процесса или решения задачи, в данном случае обеспечивается программным способом с учетом изменившихся номеров источников входной информации. Таким же способом обеспечивается при необходимости и постоянство пространственного расположения информации при выдаче ее на устройство отображения.

Ряд специфических требований к устройствам передачи информации о состоянии технических средств дает возможность использовать их в составе объектов, часто меняющих свое размещение на местности, а также применять их для передачи информации между объектами, имеющими ограниченное число соединительных линий, по которым должна передаваться соответствующая информация.

В этом случае первоочередной задачей, которую нужно решить при построении технических средств для передачи информации о состоянии объектов в аппаратные управления или для обеспечения взаимного технологического взаимодействия различных объектов, является максимальное сокращение емкости соединительных кабельных линий связи, используемых для передачи указанной информации между соответствующими объектами.

В таких объектах с точки зрения простоты реализации наиболее целесообразно использовать следующие способы передачи информации о состоянии технических комплексов:

— частотное или частотно-временное уплотнение физических цепей (пар) кабельных линий, по которым осуществляется телефонная связь обслуживающего персонала соответствующих аппаратных;

— временное уплотнение специально выделенных для передачи информации цепей соединительных кабелей;

— передачу аварийных сигналов об отказах аппаратуры по цепям основного технологического взаимодействия соответствующих технических средств.

Структурная схема устройства телесигнализации с частотным уплотнением цепи телефонной связи изображена на рис. 4.16.

Частотное уплотнение можно осуществить в подтональном и надтональном спектрах частот на физических цепях, спектр частот пропускания которых превышает полосу частот телефонного канала (0,3—3,4) кГц.

С помощью фильтров Ф на стороне передачи производится разделение частот телефонного разговора и телесигнализации.

Управляемые по частоте генераторы (рис. 4.16) обеспечивают преобразование сигналов от датчиков $K_1 - K_n$ в переменное напряжение надтональной частоты.

На стороне приема с помощью фильтров $Ф_1 - Ф_n$, детекторов *Д1 — Дn* и усилителей постоянного тока $УПТ_1 - УПТ_n$ соответственно осуществляется выделение, преобразование, усиление принятых сигналов и выдача их на исполнительные или индикаторные устройства.

Телесигнализация с использованием частотного уплотнения физических цепей кабельных линий используется, как правило, для передачи относительно небольшого количества сигналов или команд.

Это обусловлено, во-первых, высокой зависимостью затухания в цепях передачи сигналов от их частоты и, во-вторых, плохой унификацией в производстве частотно-зависимых (генераторов, фильтров и др.) элементов устройства телесигнализации.

Для передачи информации контроля и управления от большого количества объектов используются различные методы временного или частотно-временного уплотнения специально выделенных для телесигнализации физических цепей.

Наиболее целесообразными с точки зрения сокращения количества сигнальных цепей в этих условиях могут быть использованы устройства телесигнализации с формированием адреса объекта непосредственно в приемном устройстве (рис. 4.12), а также простейшие устройства телесигнализации и телеуправления с последовательной во времени передачей каждого двоичного сигнала (рис. 4.17).

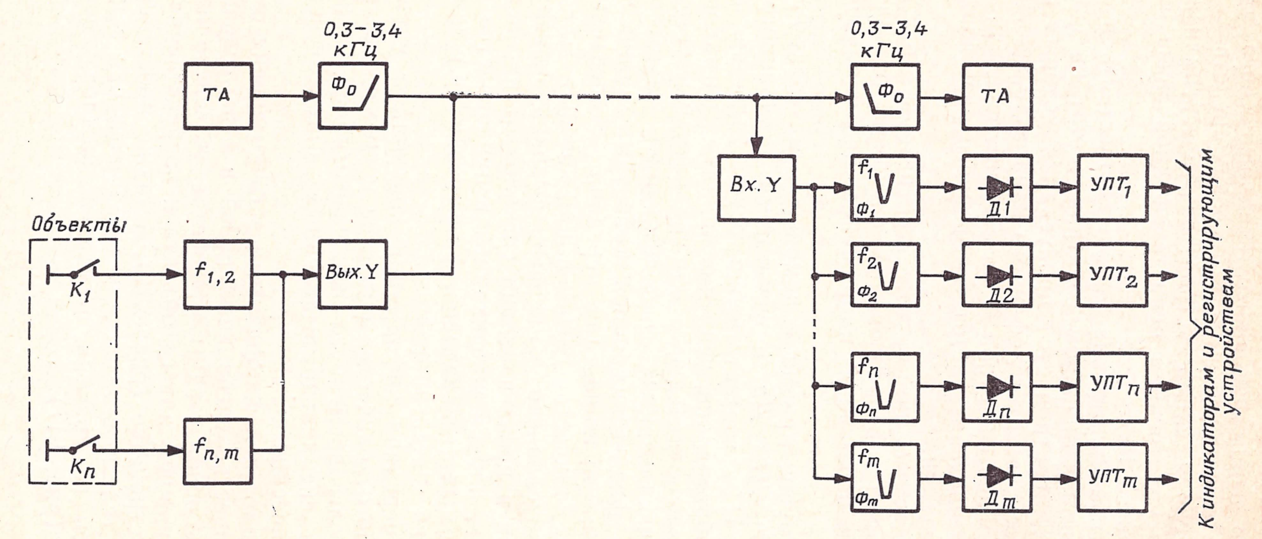


Рис. 4.16. Структурная схема устройства телесигнализации с частотным уплотнением цепи телефонной связи

Основными особенностями устройства телесигнализации, изображенного на рис. 4.17, являются возможности его работы в системе объектов, не имеющих общей частоты синхронизации, а также для сбора информации с однотипных групп объектов, соединенных с пунктом управления по радиальной схеме.

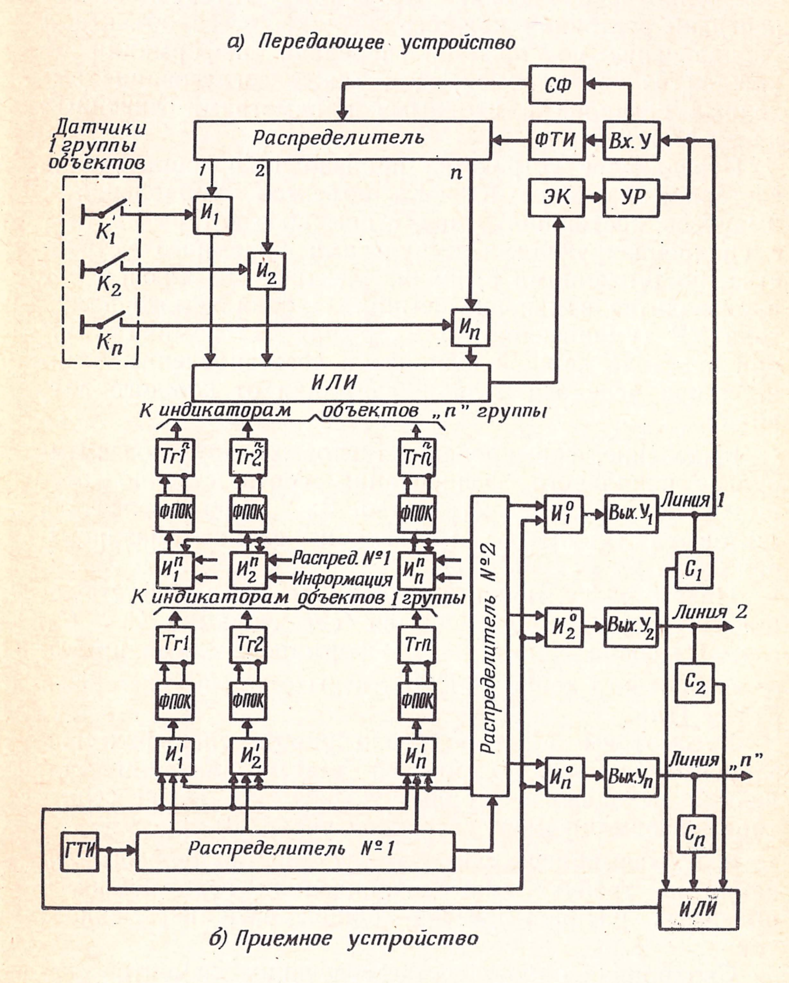


Рис. 4.17. Структурная схема устройства телесигнализации с временным уплотнением выделенной для каждой группы объектов сигнальной цепи

Устройство работает следующим образом.

С помощью входящих в состав приемного устройства генератора тактовых импульсов (ГТИ), распределителей № 1 и 2, схем совпадений $И_1^{\circ} - И_n^{\circ}$ и выходных устройств (Вых. $У_1$ — Вых. $У_n$) осуществляется соответственно формирование временны́х интервалов для передачи состояния каждого датчика, всего объекта и упорядочение по времени передачи информации от каждой из групп объектов, а также согласование выходных сигналов с входными параметрами линейных цепей № 1, 2, ..., n.

Передающее устройство производит преобразование состояний датчиков $К_1$ — $К_n$ объектов управления в импульсы постоянного тока, с помощью которых в такт с синхронизирующими импульсами приемного устройства, поступающими с линии, электронным ключом ЭК производится изменение номинала управляемого резистора УР (уменьшение до $R_{мин}$ значения номинала УР при передаче каждой единицы и восстановление номинала при передаче нуля информации от каждого датчика).

Выделение, формирование тактовых импульсов и импульса начального фазирования соответственно осуществляют входное устройство Вх.У, формирователь тактовых импульсов (ФТИ) и схема фазирования СФ.

Прием информации и выдача ее на соответствующие индикаторы производится селекторами $C_1 - C_n$, схемами совпадения $И_1' - И_n'$, формирователями прямого и обратного кодов (ФПОК) и выходными триггерами Тг1 — Тгn.

Рассмотрим более подробно работу специфических элементов данного устройства телесигнализации — линейных выходных и входных устройств, а также селектора информационных сигналов (рис. 4.18).

Как указывалось ранее, это устройство телесигнализации не требует для синхронизации передающих и приемных распределителей общей сети переменного тока.

Синхронная работа соответствующих элементов схемы обеспечивается за счет использования в тактовых цепях распределителей импульсов запроса информации, выдаваемых в линейные цепи выходным устройст-

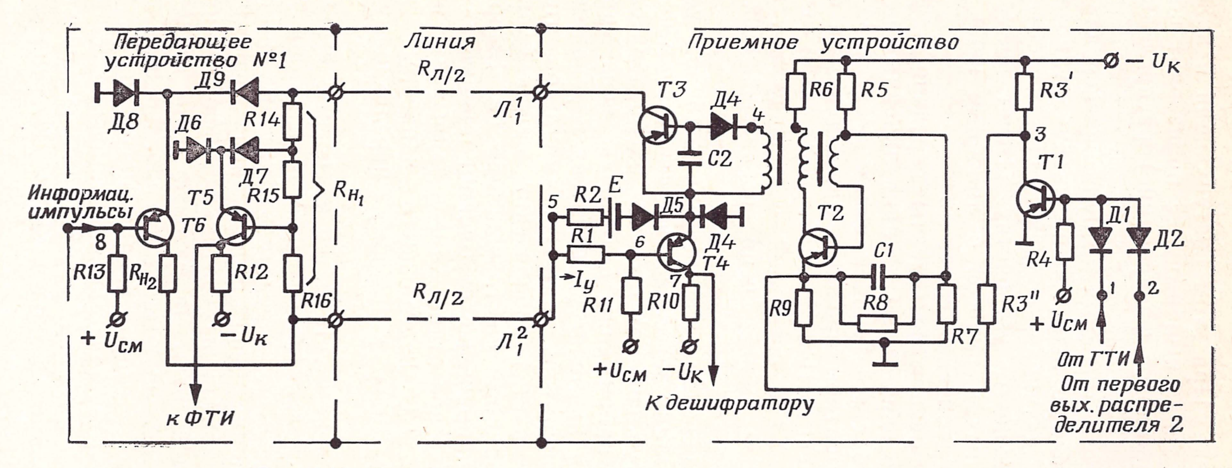


Рис. 4.18. Принципиальная схема линейных устройств и селектора

вом приемника. При этом поступающий в каждую линию первый запросный импульс производит начальную установку (цикловое фазирование) распределителя передающего устройства.

Количество запросных импульсов, передаваемых в каждую линейную цепь, равно числу двухпозиционных сигналов от датчиков, подключенных к соответствующему передающему устройству. Отсчет времени передачи запросных импульсов в линейные цепи производится распределителем номер два.

Для исключения в моменты передачи информации наводок в соседние цепи питание линейных цепей производится по симметричной схеме. Равенство токов в прямом и обратном проводах линейной цепи обеспечивается за счет трансформаторной связи выходного транзистора *Т3* с остальной частью схемы, а также включением в общие цепи развязывающих диодов *Д4 — Д9*.

Процесс передачи информации в данном устройстве телесигнализации заключается в следующем.

При поступлении от второго распределителя положительного напряжения в базовую цепь транзистора *Т1* последний начинает управляться перепадами напряжения от генератора тактовых импульсов, что в свою очередь вызывает периодический запуск блокинг-генератора, собранного на транзисторе *Т2*. Выпрямленное диодом *Д3* напряжение от блокинг-генератора производит периодическое открывание и закрывание выходного транзистора *Т3*, передающего запросные импульсы в линейную цепь к первому передающему устройству.

В передающем устройстве запросные импульсы выделяются в коллекторной цепи транзистора *Т5* и поступают через формирователь тактовых импульсов в соответствующие цепи передатчика. Сформированные при опросе контактных датчиков информационные импульсы воздействуют на базовую цепь транзисторного ключа *Т6*, с помощью которого производится изменение эквивалентного сопротивления нагрузки $R_э$ линейной цепи. При этом максимальное значение $R_э$ соответствует передаче «нуля», а минимальное значение $R_э$ — передаче «единицы» информации. Изменение эквивалентного сопротивления нагрузки в моменты передачи «единиц» информации производится путем параллель-

ного подключения к сопротивлению нагрузки $R_{н_1}$ при открытом транзисторе *T6* его коллекторного резистора $R_{н2}$.

Селекция информационных импульсов в приемном устройстве производится в коллекторной цепи транзистора *T4*, база которого подключена к линии в точке с максимальными перепадами напряжения при изменении эквивалентного сопротивления линейной нагрузки.

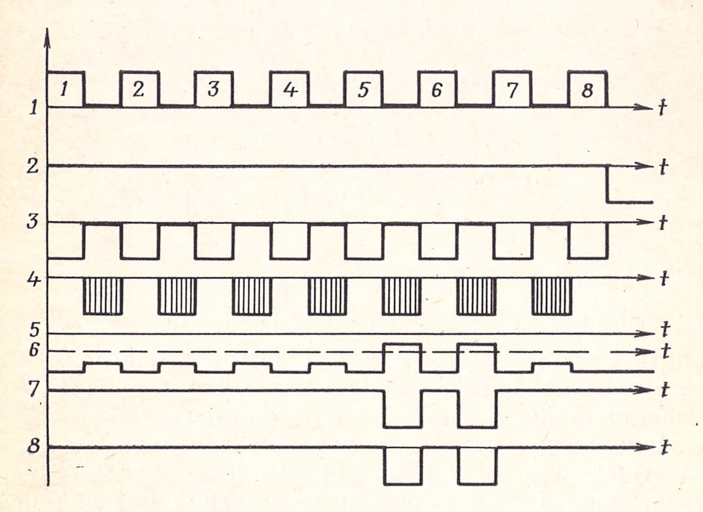


Рис. 4.19. Временная диаграмма работы приемного устройства

Уровень ограничения тока базы транзистора *T4* при селекции «единицы» определяется напряжением смещения $+U_с$ и резистором *R11*.

Работу приемного устройства для случая передачи информационных единиц на пятой и шестой позициях цикла передачи сигналов первым устройством телесигнализации иллюстрирует изображенная на рис. 4.19 временна́я диаграмма уровней напряжения в основных точках схемы.

Нумерация эпюр напряжений на временно́й диаграмме соответствует номерам контрольных точек, показанных на принципиальной схеме линейных устройств и селектора информационных импульсов.

Помехоустойчивость рассматриваемого устройства телесигнализации будет определяться перепадом тока

$I_у$ в базовой цепи транзистора $T4$ при приеме нулевых и единичных информационных сигналов.

Можно показать, что этот перепад управляющего тока базы транзистора $T4$ будет определяться соотношением

$$\Delta I_у = k\Delta R_э, \tag{4.11}$$

где

$$\Delta R_э = R_{э1} - R_{э2};$$

$$R_э = \frac{(R_л + R_н) R1}{(R_л + R_н) + R1}; \tag{4.12}$$

$$K = \frac{E}{R_1\left(1 + \frac{R_{э1}}{R2}\right)\left(1 + \frac{R_{э2}}{R2}\right)}. \tag{4.13}$$

Задаваясь значением тока в сопротивлении нагрузки $R_{н1}$, выбором соотношения сопротивлений $\frac{R2}{R_{н2}}$ можно добиться требуемого перепада управляющего тока в базе селектирующего транзистора $T4$, а следовательно, и заданной помехоустойчивости работы схемы.

Напряжение источника питания линейной цепи при известных параметрах линии выбирается из условия обеспечения требуемого значения тока в базовой цепи транзистора $T5$, когда напряжение на линейном входе имеет минимальное значение (в моменты передачи информационных единиц).

Это условие будет выполняться, если

$$E \geqslant \frac{I_{б.\,доп} R_н}{1 - \frac{1}{R2 + R_{э\,мин}}}, \tag{4.14}$$

где $I_{б.\,доп}$ — минимально допустимое значение базового тока транзистора $T5$;

$$R_{э\,мин} = \frac{(R_л + R_{н\,мин}) R1}{R_л + R_{н\,мин} + R1}; \tag{4.15}$$

$$R_{н\,мин} = \frac{(R14 + R16) \cdot R_{н2}}{R14 + R16 + R_{н2}}. \tag{4.16}$$

4.3. Особенности построения устройств передачи и отображения информации на верхних ступенях управления

В общем случае верхние ступени управления системой технических средств решают следующие задачи:

— обеспечивают контроль за функционированием системы;

— производят обработку статистических данных в работе системы в целом и отдельных технических средств и выдачу на этой основе рекомендаций по дальнейшему ее совершенствованию;

— выдают команды по изменению режима работы системы в связи с возникающими задачами и контролируют их исполнение;

— планируют текущее использование материально-технических ресурсов системы и доводят плановые задания до исполнителей или управляющих устройств;

— обеспечивают координацию управляющих воздействий с органами управления взаимодействующих систем.

В состав технических средств автоматизации процессов управления на верхних ступенях могут входить (рис. 4.20) универсальные и специализированные ЭВМ, групповые и индивидуальные устройства отображения информации о функционировании системы и ее технических средств, пульты управления операторов с устройствами ввода — вывода контрольной и управляющей информации, средствами телефонной связи.

Информационное обеспечение процесса управления на верхних ступенях включает получение контрольной информации о состоянии и функционировании технических средств управляемой системы, передачу формализованных команд управления по изменению режима работы системы, обмен информацией технологического взаимодействия, передачу неформализованной информации по управлению действиями обслуживающего персонала и другую информацию.

Широкий круг решаемых задач требует использования для обмена информацией на верхних уровнях управления различных каналов связи, применения для надежной передачи информации современной аппаратуры передачи данных и создания надежной сети телефонной связи.

В аппаратуре передачи данных для повышения надежности и достоверности передачи информации в условиях воздействия помех в каналах связи применяют избыточное кодирование в сочетании с информационной, решающей или комбинированной обратной связью передатчика информации с приемником.

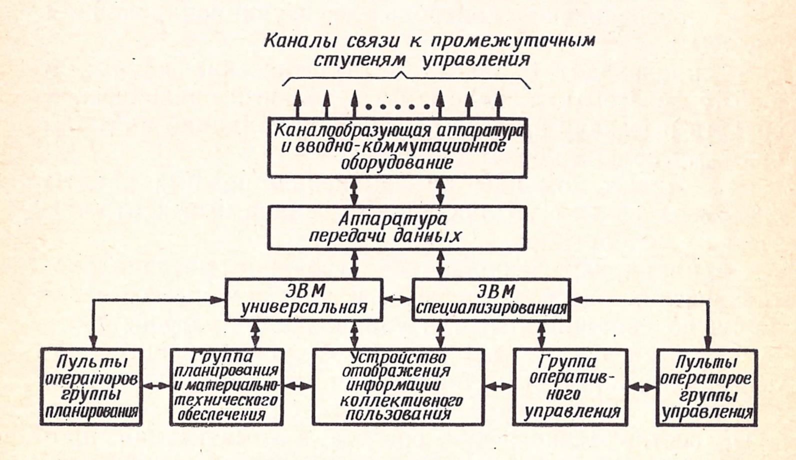


Рис. 4.20. Общая структурная схема верхней ступени управления техническими объектами

Повышение достоверности передачи информации в системах с информационной обратной связью обеспечивается путем сравнения в передающем устройстве информации, принятой от получателя по обратному каналу, и повторения ее при несовпадении результатов сравнения.

В системах передачи информации с решающей обратной связью заключение об отсутствии искажений производится декодирующим устройством приемника информации по результатам проверки алгоритма образования помехозащищенного кода.

При обнаружении нарушений структуры или формы сигналов в принятых комбинациях осуществляется переспрос передачи искаженных блоков информации.

И наконец, в системах с комбинированной обратной связью повышение достоверности передачи информации достигается применением информационной и решаю-

щей обратной связи приемника и передатчика информации одновременно.

Требуемая помехоустойчивость передачи информации в современной аппаратуре передачи данных достигается рациональным выбором кодов и принятием специальных мер защиты от ложных срабатываний аппаратуры при повреждениях каналов связи или интенсивных помехах, а также при работе аппаратуры в режиме сеансной связи.

Имея в виду, что вопросы построения оптимальных кодов для передачи информации подробно освещены в [20, 44, 48, 58], ниже будут рассмотрены некоторые способы построения и методика расчета пусковых комбинаций для устройств передачи информации, работающих в режиме сеансной связи.

Системами сеансной связи называют системы передачи информации, в которых время передачи сообщения $t_п$ меньше среднего времени ожидания очередного сеанса передачи информации.

Во время ожидания очередного сеанса передачи информации приемное устройство аппаратуры сеансной связи может находиться под воздействием помех или сигналов, не предназначенных данному устройству, но должно приводиться в действие при поступлении на его вход пусковой комбинации, разрешающей дешифрирование информационной части сообщения.

Здесь и далее под пусковой комбинацией будем полагать все служебные сигналы (фазирующие, адресные и т. д.), предшествующие собственно информационной части сообщения.

Достоверность и скорость передачи информации в таких системах связи будут зависеть от вероятностных характеристик пусковой комбинации, определяющих процесс ее передачи по каналу связи с помехами. Важнейшими из них являются вероятность ложного срабатывания как при наличии, так и при отсутствии передачи и вероятность неприема.

Вероятность ложного срабатывания $P_л$ можно определить как отношение числа ложных пусков приемника за некоторое время к максимально возможному числу сеансов, которое могло бы быть за это время осуществлено.

При каждом ложном запуске приемник может выдать потребителю некоторое число кодовых комбина-

ций, в среднем равное $\overline{N}$. Величину $\overline{N}$ можно в той или иной степени уменьшить, применяя избыточные коды для обнаружения ошибок, но нельзя исключить полностью. Общая вероятность выдачи комбинации с необнаруживаемыми ошибками $P_о$ будет поэтому включать в себя не только вероятность появления необнаруживаемых кодом ошибок $P_{нк}$ после правильного запуска, но и вероятность необнаруженных ошибок $P_{нл}$ вследствие ложного пуска

$$P_о = P_{нк} + P_{нл} = P_{нк} + P_л \frac{\overline{N}}{N}. \qquad (4.17)$$

Следовательно, вероятность ложного пуска увеличивает общие потери достоверности передаваемых сообщений.

Вероятность неприема пусковой комбинации $P_н$ уменьшает эффективную скорость передачи информации даже в том случае, когда в системе предусматривается получение подтверждения о состоявшемся приеме очередного сеанса.

Максимально возможное число сеансов в единицу времени $M_{ик}$ уменьшается до $M_и$ на величину произведения $\overline{M}_к \cdot P_н$, где $\overline{M}_к$ — среднее замедление, вызванное неприемом пусковой комбинации, т. е.

$$M_и = M_{ик} - \overline{M}_к P_н. \qquad (4.18)$$

Определение количества двоичных разрядов в пусковой комбинации по найденным из соотношений 4.17 и 4.18 значениям вероятностей $P_л$ и $P_н$ можно произвести методом последовательного приближения. Если предположить, что появление пусковой комбинации за счет шумов на входе приемника равновероятно, а дешифратор будет запущен при появлении комбинации, полностью совпадающей с пусковой, то минимально необходимое количество разрядов в пусковой комбинации определяется по формуле

$$n = \left| \log_2 \frac{1}{P_л} \right|, \qquad (4.19)$$

где $\left| \log_2 \frac{1}{P_л} \right|$ — ближайшее большее целое число.

Если вероятность неприема такой комбинации в канале связи с помехами не удовлетворяет соотношению

4.18, то допускают возможность искажения в пусковой комбинации некоторого числа разрядов m, при котором соотношение 4.18 не нарушается.

Вероятность неприема пусковой комбинации с m и большим числом искажений в предположении Пуассоновского распределения длительностей помех определяется соотношением

$$P_{\text{н}} = \sum_{k=m}^{n} \frac{\lambda (T + \tau_{\text{ср}})^k}{k!} \{\exp[-\lambda (T + \tau_{\text{ср}})]\}, \quad (4.20)$$

где T — время передачи пусковой комбинации;

$\tau_{\text{ср}}$ — средняя длительность помех;

λ — интенсивность помех.

Допущение искажений m разрядов в n-разрядной пусковой комбинации в C_n^m раз увеличивает вероятность ее ложного срабатывания при равновероятном появлении на входе приемника любых комбинаций. Поэтому для получения требуемого значения $P_{\text{л}}$ количество разрядов в пусковой комбинации нужно увеличить на величину

$$n' = |\log_2 C_n^m|, \quad (4.21)$$

где $|\log_2 C_n^m|$ — ближайшее большее целое число.

Изменяя величины m и n, можно определить количество разрядов в пусковой комбинации, удовлетворяющей заданным требованиям по надежности передачи, определяемыми соотношениями 4.17, 4.18.

Такой порядок расчета количества разрядов пусковой комбинации справедлив для систем сеансной связи, у которых время передачи информационной части сообщения значительно больше времени передачи пусковой комбинации.

Для систем передачи коротких команд выбор структуры пусковой комбинации при необходимости следует производить с учетом минимизации общего времени передачи команд. Поэтому в таких системах сеансной связи передача пусковых комбинаций кодом, допускающим искажения, будет целесообразна, если

$$n' + P'_n (N' + n + n') < P_{\text{н}} (N' + n), \quad (4.22)$$

где n' — количество двоичных разрядов, компенсирующих снижение вероятности ложного срабаты-

вания при передаче кодом, допускающим искажение;

N' — количество двоичных разрядов информационной части сообщения (команды), подлежащих повторению при неприеме пусковой комбинации;

$P_н$ и P'_n — соответственно вероятности неприема пусковых комбинаций при передаче их кодами, не допускающими и допускающими искажения.

Из соотношения (4.22) следует, что целесообразность передачи пусковых комбинаций кодом, допускающим искажения, зависит от вероятности искажения посылок в канале связи и длины информационной части сообщения (команды), а также допустимого количества искажений в пусковой комбинации.

Данное положение иллюстрирует график, на котором изображены зависимости отношения $\frac{P_н(N'+n)}{n'}$ от длины информационной части сообщения при $P_л = 10^{-6}$ для различных вероятностей искажения элементарных посылок в канале связи и переменном количестве допустимых искажений в пусковых комбинациях (рис. 4.21).

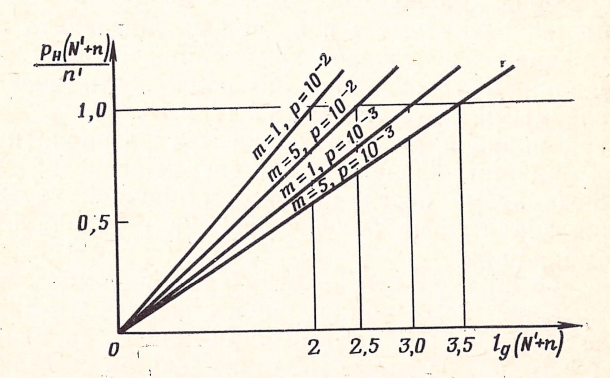


Рис. 4.21. График зависимости $\frac{P_н(N'+n)}{n'} = f[\lg(N'+n)]$

Указанные зависимости получены для системы сеансной связи, каждый цикл передачи команд которой имеет в своем составе пусковую комбинацию.

Для упрощения расчетов полагалось, что вероятно-

сти неприема пусковых комбинаций, допускающих искажения, а также при повторных передачах пренебрежимо малы. Вероятность неприема n-разрядной пусковой комбинации с учетом группирования искажений в канале связи определялась по формуле

$$P_{н} \approx P\sqrt{n}, \quad (4.23)$$

где P — вероятность искажения элементарной посылки.

Из графика следует, что допущение искажений в пусковых комбинациях при указанных ограничениях нерационально, если длина сообщения не превышает соответственно 100 и 316 двоичных разрядов при $p=10^{-2}$ и $m=1$ и 5; 1000 и 3100 двоичных разрядов при $p=10^{-3}$ и $m=1$ и 5.

Иными словами, уменьшение вероятности искажения элементарных посылок в канале связи на порядок позволяет и на порядок увеличить длину информационной части сообщения при тех же характеристиках процесса передачи пусковых комбинаций.

4.4. Особенности построения устройств отображения информации на верхних ступенях управления

Для визуального отображения информации о состоянии и функционировании сложных систем применяют групповые устройства отображения в виде светопланов проекционного или мозаичного типа [27, 52], а также различного рода мнемосхемы [4, 9]. Как правило, групповые устройства отображения воспроизводят в обобщенном виде конфигурацию отдельных объектов системы и их функциональные взаимосвязи с выдачей необходимой для управления информации непосредственно на самой мнемосхеме системы.

Уточняющая информация о функционировании отдельных объектов выдается на дополнительные отображающие устройства, размещаемые на самой мнемосхеме или на пультах операторов по их запросу.

Рассмотрим более подробно технические принципы построения указанных отображающих устройств при-

менительно к задачам управления техническими комплексами.

Отображающие устройства проекционного типа в зависимости от взаимного расположения источника освещения, экрана и оператора могут создавать изображение отраженным от экрана светом (экраны с прямой засветкой) или путем его засветки с обратной по отношению к наблюдателю стороны (просветные экраны).

Отображающие устройства проекционного типа пока не получили широкого распространения для оборудования пунктов управления техническими комплексами в основном из-за необходимости затемнения помещения (особенно при использовании экранов с прямой засветкой) и технической сложности построения устройств для непосредственного и быстрого преобразования информации о состоянии объектов в форму, пригодную для управления лучом проектора.

В качестве отображающих устройств коллективного пользования широко применяются экраны мозаичного типа, позволяющие отображать функционирование и взаимосвязи объектов самого различного назначения.

Эти экраны состоят из большого количества индивидуальных точечных индикаторов, комбинационная засветка которых создает на экране изображение контролируемой системы.

Управление засветкой индикаторов в экранах мозаичного типа осуществляется с помощью диодных матриц, каждая из которых объединяет группы индикаторов, образующих соответствующие компоненты отображаемой системы. Входы диодных матриц подключены к выходам дешифраторов системы ТУ — ТС, передающей информацию о состоянии управляемых объектов.

Для отображения состояния сложных и часто меняющихся по составу технических комплексов применяется программное управление индикаторами экрана с помощью сменных запоминающих устройств или ЭВМ.

Наибольшее распространение для отображения состояния технических комплексов на верхних ступенях управления получили различные мнемосхемы, разраба-

тываемые, как правило, по индивидуальным проектам для каждой системы.

Применяются два типа мнемосхем. Мнемосхемы, условные обозначения на которых совмещены с индикаторами, и мнемосхемы с индикаторным полем, сосредоточенным в специальном или вынесенном за пределы мнемосхемы участке.

Достоинством мнемосхем первого типа является их хорошая наглядность, однако для отображения состояния больших систем они громоздки по габаритам и сложны в реализации. Кроме того, при изменении состава или реконструкции контролируемой системы такие мнемосхемы требуют значительных конструктивных и схемных изменений.

Мнемосхемы с сосредоточенными индикаторами свободны от этих недостатков, поскольку изменение состава мнемосхемы почти не связано с перестройкой электрической схемы управления индикаторами. Мнемосхемы этого типа строятся следующим образом. В удобной для обозрения оператором форме структура управляемой системы изображается на планшете. Объекты на рисунке нумеруются, а их функциональные связи поясняются условными символами. Индикаторное поле размещается в наиболее удобном для привлечения внимания операторов месте мнемосхемы или непосредственно на пульте оператора. При нарушениях в работе системы, требующих реакции оператора, на индикаторном поле мнемосхемы отображаются номера отказавших объектов с указанием причины отказа или характера нарушения функциональных связей.

На это же индикаторное поле может выдаваться информация целеуказания оператору для восстановления или изменения режима работы системы.

В качестве приемного и индикаторного устройств такой мнемосхемы может служить устройство телесигнализации, рассмотренное в разделе 4.2 (рис. 4.14).

Документальная запись процессов контроля и управления на высших ступенях может производиться с помощью регистрирующих устройств общего назначения. Способы вывода информации на них могут быть аналогичны способам вывода информации на запись, применяемым на промежуточных ступенях управления и изложенным в разделе 4.3.

Выше были рассмотрены принципы построения устройств передачи и отображения информации для различных ступеней управления техническими комплексами применительно к решению задач сбора информации о состоянии контролируемых объектов, т. е. к решению вопросов построения трактов телесигнализации.

Как было показано в разделе 3.1, тракты телеуправления содержат аналогичные элементы, поэтому для их построения используются в основном те же принципы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бунимович В. И. Флуктуационные процессы в радиоприемных устройствах. М., «Сов. радио», 1951.

2. Биляк Р. В. и др. Бесконтактные элементы и системы телемеханики. М., «Наука», 1964.

3. Вожжова А. И., Захаров В. К. Защита от шума и вибраций на современных средствах транспорта. М., «Медицина», 1968.

4. Венда В. Ф. Средства отображения информации. М., «Энергия», 1969.

5. Глушков В. М. и др. Сложные системы управления. «Наукова думка», 1966.

6. Гольдман С., Новицкий В. М. и др. Теория информации. М., «Иностранная литература», 1967.

7. Горяинов О. А., Райнес Р. Л. Телеуправление. Госэнергоиздат, 1954.

8. Дрейзен И. Г. Расчет системы звукоусиления в закрытом помещении. «Акустический журнал», № 3, 1956.

9. Жуковицкий Б. Я. Сигналы телемеханики и их отображения. М., «Энергия», 1968.

10. Звенигородский И. С. Каналы связи для телемеханики. М., Госэнергоиздат, 1960.

11. Ильин В. А. Телеконтроль и телеуправление рассредоточенными объектами. М., Госэнергоиздат, 1963.

12. Ильин В. А. Телемеханика в народном хозяйстве. М., «Знание», 1966.

13. Ильин В. А. и др. Автоматизированные информационные системы. Сборник трудов ВЗПИ, вып. 62, 1970.

14. Ильин В. А. Телеконтроль и телеуправление. М., «Энергия», 1969.

15. Ильин В. А. Большие системы телемеханики. М., «Энергия», 1967.

16. Ильин В. А., Левин А. А. Системы промышленной телемеханики. Справочник, т. 1. Системы телеуправления. ГОСИНТИ, 1964.

17. Каминский Ю. Д., Команда Э. И. Индикаторные и регистрирующие устройства для системы автоматического контроля. М., «Энергия», 1967.

18. Коссов Б. Б. О роли различительных признаков сигналов в зрительном восприятии. В сб. «Зрительное восприятие», М., «Просвещение», 1964.

19. Котов П. А. и др. Телеграфные устройства на бесконтактных переключателях. М., «Связь», 1964.

20. Котов П. А. Повышение достоверности передачи цифровой информации. М., «Связь», 1966.

21. Катков Ф. А., Тутевич В. Н. Телеуправление. Гостехиздат, УССР, 1963. Основы телемеханики, «Энергия», 1967.

22. Ковальский С. Анализ управляемых речью телефонных аппаратов, «Praca Instituta Zachnosci», № 4, 7, 1960.

23. Клюев Н. Е. Информационные основы передачи сообщений. М., «Советское радио», 1968.

24. Лосев Д. П. и др. Элементы и узлы бесконтактных телемеханических устройств. Судпромгиз, 1962.

25. Ломов Б. Ф. Человек и техника. М., «Советское радио», 1966.

26. Лоскутов В. И. Автоматизированные системы управления, М., «Статистика», 1972.

27. Мясоедов П. Т., Соколов А. Ф. Отображение информации. М., Воениздат, 1971.

28. Овчаров Л. А. Прикладные задачи теории массового обслуживания. М., «Машиностроение», 1969.

29. Покровский Н. Б. Расчет и измерение разборчивости речи. Связьиздат, 1962.

30. Полковский И. М., Ткаченко А. Д. Электроакустические тракты с обратной связью. М., «Связь», 1969.

31. Петров Б. Н. и др. Информационные аспекты управления технологическими процессами. «Техническая кибернетика», № 4, 1967.

32. Петров В. П. Проектирование цифровых систем контроля. М., «Машиностроение», 1967.

33. Потапов А. В. Устройство отображения состояния каналов связи. АС № 492038. Бюллетень № 42 ЦНИИПИ, 1975.

34. Потапов А. В. Устройство индикации состояний датчиков. АС № 417827. Бюллетень № 8 ЦНИИПИ, 1974.

35. Раймон Ф. Автоматика переработки информации. Физматгиз, 1961.

36. Рабкин Е. Г., Прохончукова Н. Е. Устройство для симплексной телефонной связи, управляемое голосом. АС № 1602333/26-9. Бюллетень № 10 ЦНИИПИ, 1973.

37. Репина О. И. Громкоговорящая телефонная связь. М., «Связь», 1969.

38. Савета Н. И. Быстродействующие печатающие устройства. М., «Машиностроение», 1965.

39. Сотсков Б. С. Датчики систем автоматического контроля и регулирования. Матгиз, 1959.

40. Смолянский А. Е., Халин Ф. М., Шаповалов И. Н. Уровни передачи. «Техника и вооружение», № 9, 1967.

41. Сапожков М. А. Речевой сигнал в кибернетике и связи. Связьиздат, 1963.

42. Темников Ф. Е. Автоматические регистрирующие приборы. М., «Машиностроение», 1968.

43. Трапезников В. Д. Человек в системе управления. «Наука и жизнь», № 2, 1972.

44. Теплов Н. А. Помехоустойчивость систем передачи дискретной информации. М., «Связь», 1964.

45. Фельдбаум А. А. и др. Теоретические основы связи и управления. Физматгиз, 1964.

46. Фурдуев В. В. Предельное усиление звука в закрытых помещениях. «Акустический журнал», № 3, 11, 1965.
47. Фано Р. Передача информации. Статистическая теория связи. «Мир», 1965.
48. Финк Л. М. Теория передачи дискретной информации. «Советское радио», 1964.
49. Халин Ф. М., Вергелис Н. И. Устройство магистральной диспетчерской связи. АС № 350209. Бюллетень № 26 ЦНИИПИ, 1972.
50. Халин Ф. М., Вергелис Н. И., Соколов А. И. Устройство вызова. АС № 369726. Бюллетень № 10 ЦНИИПИ, 1973.
51. Халин Ф. М., Крылов Е. Б., Копейкина А. А., Мишина М. Б., Ремизов И. Г. Устройство для радиопроводной громкоговорящей циркулярно-избирательной связи. АС № 262980. Бюллетень № 7 ЦНИИПИ, 1970.
52. Ховард Д. Электронные системы отображения информации. М., Воениздат, 1966.
53. Халин Ф. М. Связь с подвижными объектами по радиотелефону. «Техника и вооружение» № 6, 1961.
54. Халин Ф. М., Ремизов И. Г., Копейкина А. А., Мишина М. Б., Жук Л. П. Устройство служебно-диспетчерской связи на линиях дистанционного управления (ДУ) с автоматическим установлением циркулярно-избирательных соединений с отбоем. АС № 291378. Бюллетень № 3 ЦНИИПИ, 1971.
55. Цикин Г. С. Электронные усилители. Связьиздат, 1963.
56. Шляпоберский В. И. Элементы дискретных систем связи. М., Воениздат, 1962.
57. Шастова Г. А. Кодирование и помехоустойчивость передачи телемеханической информации. М., «Энергия», 1966.
58. Теория кодирования. Сборник, М., «Мир», 1964.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Потапов А. В. и др.

П64 Служебная связь и сигнализация. М., Воениздат, 1976.

157 с. с ил.

В книге описаны принципы работы и устройство основных узлов и блоков средств служебно-диспетчерской связи и телеконтроля, а также сбора и отображения информации. Изложены общие требования к устройствам передачи и отображения. Рассмотрены вопросы управления техническими комплексами различного назначения и сигнализации о их состоянии как по радио, так и по кабельным линиям связи. Определены основные задачи создания и эксплуатации технических средств управления. Приведены упрощенные функциональные схемы и расчеты.

Книга рассчитана на военных и гражданских специалистов, занимающихся разработкой и эксплуатацией технических комплексов и средств управления.

П $\frac{30402\text{-}158}{068(02)\text{-}76}$ 101-76 **6Ф1**

Алексей Васильевич Потапов,
Виктор Тимофеевич Романов,
Федор Михайлович Халин

СЛУЖЕБНАЯ СВЯЗЬ И СИГНАЛИЗАЦИЯ

Редактор *П. И. Никонов*
Художник *В. Н. Щербаков*
Художественный редактор *Н. Б. Попова*
Технический редактор *Н. А. Миронова*
Корректор *Т. А. Голубева*

Г-80677 Сдано в набор 9.6.75 г. Подписано в печать 16.3.76 г.
Формат 84×108/32. Печ. л. 5. Усл. печ. л. 8,4. Уч-изд. л. 7,833
Бумага типографская № 2 Тираж 13 500 экз.
Изд. № 6/6701 Цена 49 коп. Зак. 370

Воениздат
103160, Москва, К-160
2-я типография Воениздата
191065, Ленинград, Д-65, Дворцовая пл., 10

Цена 49 коп.



СЛУЖЕБНАЯ СВЯЗЬ И СИГНАЛИЗАЦИЯ

